

کشور

معدنی

کتابخانه



سازمان زمین شناسی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کشور
معدنی
شفافیت
و
شناسی
زمین
سازمان

شناسایی محیط‌های کانه زایی آهن در ایران (فاز ۱)

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

مدیر پروژه

محمد صادقی

مدیر فنی پروژه

شهیندخت ابوالمعالی

"گزارش حاضر طبق کد ۱۴۰۲/۱۹ گ ۳۲۶۰-۶۱۰۰-۱۴۰۰ از شورای ارزیابی انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور مجوز انتشار گرفته است."

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

تهیه کنندگان

فصل اول: کلیات

آیدا محبی

فصل دوم: آه‌ن در ایران

هانیه میرشاه‌وندی، ادهم شفیعی ده‌آباد

فصل سوم: بلوک‌های آه‌ن در ایران

هانیه میرشاه‌وندی، ادهم شفیعی ده‌آباد

ویرایش و صفحه‌آرایی

لیلا قدیمی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

تشکر و قدردانی

لازم می دانیم از همه همکارانی که در تهیه و تدوین گزارش حاضر همکاری داشته اند تشکر و قدردانی کنیم. نخست از جناب آقای دکتر علیرضا شهیدی، ریاست محترم سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، که زمینه پذیرش طرح حاضر را ایجاد کردند و همچنین ریاست محترم ژئومتیکس که در آغاز و انجام پروژه مساعدت نمودند، سپاسگزاریم. از آقایان دکتر محسن شیرخانی و دکتر امیر تقوی به جهت بهره گیری از نظرات و راهنمای های ارزنده شان تشکر و قدردانی می گردد. همچنین از سرکار خانم مهندس لیدا صادقی، که با این طرح همکاری صمیمانه ای داشتند کمال تشکر را داریم. در نهایت از همه همکارانی که در بخش های مختلف سازمان ما را در انجام این پروژه یاری رساندند سپاسگزاریم.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

چکیده

امروزه در صنایع مختلف از انواع فلزات استفاده می‌شود اما بدون شک یکی از مهم‌ترین اقسام فلزات مورد استفاده، آهن است. صنایع و تمدن‌های پیشرفته امروزی تا حدود زیادی به سازه‌های فولادی و چدن حاصل از این سنگ نیازمندند. سنگ آهن پس از شناسایی و استخراج از معادن، فرآوری و خالص سازی شده و برای تولید انواع سازه‌های فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هدف ما در این گزارش شناسایی محیط‌های پراپتانسیل جهت اکتشاف آهن می‌باشد. لذا ما به بررسی ژئوشیمی آهن، انواع کانسارهای سنگ آهن، تیپ‌های زایشی، توزیع مکانی و فازهای متالورژی آهن در ایران پرداختیم و در نهایت ۱۷ بلوک آهن‌دار معرفی شد که در هر بلوک مختصات و مساحت و تیپ غالب کانسار مشخص و در نهایت الویت‌بندی بلوک‌های اکتشافی صورت گرفت.

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- ژئوشیمی آهن	۵
۳-۱- انواع کانسار سنگ آهن	۷
۱-۳-۱- کانسارهای سنگ آهن ارتوماگمایی (نفوذی و خروجی، مافیک و فلسیک، آلکالن، کربناتیته)؛	۷
۱-۳-۱-۱- کانسارهای آهن ارتوماگمایی - نفوذی	۷
۱-۳-۱-۲- سنگ معدن آهن ارتوماگمایی - خروجی	۹
۲-۳-۱- کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن آهن؛	۹
۳-۳-۱- کانسارهای آهن ماگمایی - هیدروترمال، اپی ژنتیک، توده‌ای و رگه‌ای	۱۰
۴-۳-۱- کانسارهای سیدریت توده‌ای هیدروترمال - متاسوماتیک	۱۱
۵-۳-۱- کانسارهای آتشفشانی - برون‌دمی و رسوبی - گرمایی (سدکس)	۱۱
۶-۳-۱- کانسارهای سنگ آهن برجا یا لاتریتی	۱۱
۷-۳-۱- کانسارهای تیپ سوپرژن تراوشی کانالی	۱۲
۸-۳-۱- کانسارهای سنگ آهن خاکی و رسوبی	۱۳
۹-۳-۱- کانسارهای دریایی - رسوبی	۱۴
۱-۹-۳-۱- کانسار آهن اوولیتی و آواری	۱۶
۱۰-۳-۱- کانسارهای آهن هماتیته عیار بالای مرتبط با نوع سوپریور سازندهای آهن نواری	۱۹

فصل دوم: آهن در ایران

۱-۲- مقدمه	۱۹
۲-۲- توزیع مکانی و فازهای متالوژنی آهن در ایران	۲۳
۱-۲-۲- کانسارهای آهن آتشفشانی - برون‌دمی و رسوبی - هیدروترمال	۲۴
۲-۲-۲- کانسارهای آهن ماگمایی - هیدروترمال	۳۷
۳-۲-۲- کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن	۴۴
۴-۲-۲- کانسارهای خاکی - رسوبی	۵۵
۵-۲-۲- کانسارهای دریایی رسوبی	۵۶

فصل سوم: بلوک‌های آهن دار ایران

۱-۳- مقدمه	۵۷
۲-۳- بلوک ۱	۶۱
۳-۳- بلوک ۲	۶۳
۴-۳- بلوک ۳	۶۶
۵-۳- بلوک ۴	۶۹
۶-۳- بلوک ۵	۷۲
۷-۳- بلوک ۶	۷۵
۸-۳- بلوک ۷	۷۷

۸۰	۹-۳- بلوک ۸
۸۳	۱۰-۳- بلوک ۹
۸۵	۱۱-۳- بلوک ۱۰
۸۷	۱۲-۳- بلوک ۱۱
۸۹	۱۳-۳- بلوک ۱۲
۹۳	۱۴-۳- بلوک ۱۳
۹۶	۱۵-۳- بلوک ۱۴
۹۹	۱۶-۳- بلوک ۱۵
۱۰۲	۱۷-۳- بلوک ۱۶
۱۰۵	۱۸-۳- بلوک ۱۷
۱۰۷	۱۹-۳- نتیجه گیری
۱۱۱	فهرست منابع

فهرست اشکال

فصل اول

۱	شکل ۱-۱- آهن دارای کاربردهای زیادی است، پل طبیعت در تهران مثالی از کاربردهای آهن می باشد.
۳	شکل ۲-۱- مگنتیت از منطقه سنت پل، بانات (رومانی) (Neukirchen and Ries, 2019).
۳	شکل ۳-۱- محدوده های پایداری فازهای اکسید، سولفید و کربناته آهن در آب در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، فشار کلی ۱ اتمسفر و مولاریته S, Fe و CO ₃ به ترتیب ۱۰۶، ۱۰۶ و ۱ است. افزایش در اکتیویته کربنات یا گوگرد در محلول، محدوده سیدریت یا پیریت را گسترش می دهد. اگر اکتیویته کربنات یا گوگرد در محلول کاهش یابد، محدوده همگنتیت تا محدوده pH خنثی گسترش می یابد.
۹	شکل ۴-۱- کانسنگ آر معدن کایرونا شامل کانیهای مگنتیت و آپاتیت از مالمبرگ سوئد (Neukirchen and Ries, 2019).
۱۳	شکل ۵-۱- سازند آهن نواری که در ارتفاع بالاتری نسبت به صحرای ماسه ای اطراف قرار گرفته است (Neukirchen and Ries, 2019).
۱۴	شکل ۶-۱- سنگ آهن لوبیایی در ژورا سوییس (Neukirchen and Ries, 2019).
۱۵	شکل ۷-۱- سازند آهن نواری در شمال آمریکا (Neukirchen and Ries, 2019).
۱۸	شکل ۸-۱- کانسنگ آهن آلیتی از معدن کلینتون در آمریکا (Neukirchen and Ries, 2019).
۱۹	شکل ۹-۱- کانسار باقیمانده با سن کرتاسه بالایی در منطقه پین در آلمان (Neukirchen and Ries, 2019).

فصل دوم

۲۴	شکل ۱-۲- پراکندگی کانسارهای آهن در ایران
----	--

فصل سوم

۵۸	شکل ۱-۳- موقعیت بلوک های آهن در ایران
۶۲	شکل ۲-۳- نقشه زمین شناسی بلوک ۱
۶۵	شکل ۳-۳- نقشه زمین شناسی بلوک ۲
۶۸	شکل ۴-۳- نقشه زمین شناسی بلوک ۳
۷۱	شکل ۵-۳- نقشه زمین شناسی بلوک ۴

۷۴	شکل ۳-۶- نقشه زمین شناسی بلوک ۵
۷۶	شکل ۳-۷- نقشه زمین شناسی بلوک ۶
۷۹	شکل ۳-۸- نقشه زمین شناسی بلوک ۷
۸۲	شکل ۳-۹- نقشه زمین شناسی بلوک ۸
۸۴	شکل ۳-۱۰- نقشه زمین شناسی بلوک ۹
۸۶	شکل ۳-۱۱- نقشه زمین شناسی بلوک ۱۰
۸۸	شکل ۳-۱۲- نقشه زمین شناسی بلوک ۱۱
۹۲	شکل ۳-۱۳- نقشه زمین شناسی بلوک ۱۲
۹۵	شکل ۳-۱۴- نقشه زمین شناسی بلوک ۱۳
۹۸	شکل ۳-۱۵- نقشه زمین شناسی بلوک ۱۴
۱۰۱	شکل ۳-۱۶- نقشه زمین شناسی بلوک ۱۱۵
۱۰۴	شکل ۳-۱۷- نقشه زمین شناسی بلوک ۱۶
۱۰۶	شکل ۳-۱۸- نقشه زمین شناسی بلوک ۱۷

فهرست جداول

فصل اول

۲	جدول ۱-۱- میزان تولید و ذخایر آهن در جهان
۴	جدول ۱-۲- کانی‌های مهم در سنگ آهن

فصل دوم

۲۱	جدول ۲-۱- طبقه‌بندی ژنتیکی کانسارهای آهن در ایران
۲۲	جدول ۲-۲- توزیع زمانی و مکانی کانسارهای آهن در ایران
۴۸	جدول ۲-۳- مشخصات کانسارهای آهن زیرزون یزد
۵۱	جدول ۲-۴- مشخصات کانسارهای آهن زون البرز و غرب البرز

فصل سوم

۵۸	جدول ۳-۱- مشخصات و مساحت و تیپ غالب کانسارها در هر بلوک
۶۳	جدول ۳-۲- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱
۶۶	جدول ۳-۳- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۲
۶۹	جدول ۳-۴- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۳
۷۲	جدول ۳-۵- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۴
۷۵	جدول ۳-۶- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۵
۷۷	جدول ۳-۷- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۶
۸۰	جدول ۳-۸- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۷
۸۳	جدول ۳-۹- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۸
۸۵	جدول ۳-۱۰- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۹

جدول ۳-۱۱- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۰.....	۸۷
جدول ۳-۱۲- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۱.....	۸۹
جدول ۳-۱۳- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۲.....	۹۳
جدول ۳-۱۴- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۳.....	۹۶
جدول ۳-۱۵- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۴.....	۹۹
جدول ۳-۱۶- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۵.....	۱۰۲
جدول ۳-۱۷- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۷.....	۱۰۵
جدول ۳-۱۸- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۷.....	۱۰۷
جدول ۳-۱۹- الویت بندی بلوک‌های اکتشافی آهن.....	۱۰۸

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی

کشور

معدنی

اوقات

فصل اول

کلیات

و

شناسی

زمین

سازمان

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۱-۱- مقدمه

شناخت تکامل تاریخ بشری نشان داده است که تاکنون آهن، حدود ۹۵ درصد از کل تولیدات فلزی را با توجه به کاربرد گسترده اش، به خود اختصاص داده است. این فلز در دسترس، ارزان و دارای خواصی عالی می باشد. (شکل ۱-۱). آهن خالص نسبتاً نرم و بسیار مستعد خوردگی است، اما اضافه کردن کربن یا عناصر دیگر منجر به تولید موادی می شود که خواص آهن را با شرایط سازگار کند.

فولاد عمدتاً در ساختمان سازی (بتن مسلح و سازه های فولادی) برای ماشین آلات و ابزار، موتورها و در ساخت خودرو، راه آهن و کشتی استفاده می شود. به عنوان مثال، قطعات ماشین از چدن ساخته می شوند. صفحات اجاق گاز، نرده ها، چراغ های خیابان، ستون ها و پل های ساخته شده از چدن در قرن نوزدهم محبوبیت زیادی داشتند. حتی قبلاً از چدن برای توپ و گلوله های توپ استفاده می شد. خاصیت فرومغناطیسی آهن نیز مهم است. الکترومغناطیس، ژنراتور، موتورهای الکتریکی و ترانسفورماتورها بر اساس القای میدان های مغناطیسی به هسته فرومغناطیس در اطراف یک سیم پیچ ایجاد می شوند. این هسته از آهن یا آلیاژ آهن با عناصری مانند آلومینیوم، کبالت یا نیکل تشکیل شده است، همچنین از اکسیدهای آهن به عنوان رنگ استفاده می شود.



شکل ۱-۱- آهن دارای کاربردهای زیادی است، پل طبیعت در تهران مثالی از کاربردهای آهن می باشد.

میزان تولید فولاد در جهان در سال ۲۰۲۰ بالغ بر ۱/۸۷۸ میلیارد تن بوده است که چین به‌تنهایی، ۵۶ درصد از آن را به خود اختصاص داده‌است. علاوه بر این، تقاضا برای سایر کاربردهای آهن، باید در نظر گرفته شود. میزان سنگ‌آهن استخراج شده در سال ۲۰۱۹ برابر با ۲/۳۳۵ میلیارد تن بوده است. جدول ۱-۱ میزان سنگ آهن تولید شده، صادرات و واردات آن در جهان را در سال ۲۰۱۹ نشان می‌دهد (WorldSteel, 2021).

جدول ۱-۱- میزان تولید و صادرات و واردات آهن در جهان (میلیون تن)

	Production	- Exports	+ Imports	= Apparent consumption
Austria	2.8	0.0	4.5	7.3
Belgium-Luxembourg	-	0.0	6.2	6.2
Czechia	-	0.0	5.3	5.3
France	-	0.0	13.9	13.9
Germany	1.2	0.4	37.1	37.8
Italy	-	0.0	6.7	6.7
Netherlands	-	21.1	29.4	8.3
Poland	-	0.0	6.4	6.4
Romania	-	0.3	2.8	2.5
Slovakia	-	0.0	4.8	4.8
Spain	-	0.2	5.6	5.4
Sweden	29.1	22.3	0.1	6.9
United Kingdom	-	0.0	7.7	7.6
Other EU	-	0.3	4.6	4.3
European Union (28)	33.1	44.7	134.9	123.2
Bosnia-Herzegovina	1.4	0.0	0.0	1.4
Norway	1.6	1.8	0.0	-0.2
Turkey	6.6	1.4	10.1	15.3
Other Europe	-	0.0	2.5	2.5
Europe	42.7	48.0	147.5	142.2
CIS	184.5	75.6	9.4	118.4
Canada	58.5	52.2	16.6	22.9
Mexico	20.6	1.1	2.4	21.8
United States	48.0	11.3	6.0	42.7
USMCA	127.0	64.6	25.0	87.4
Brazil	389.6	340.4	0.3	49.5
Chile	10.0	8.4	0.3	1.9
Peru	10.1	19.3	0.0	-9.2
Venezuela	2.6	1.1	-	1.5
Other America	0.3	1.4	10.2	9.1
Central and South America	412.6	370.6	10.8	52.8
Liberia	4.4	4.6	-	-0.2
Mauritania	10.5	12.9	-	-2.4
South Africa	70.5	66.8	0.5	4.2
Other Africa	6.8	0.5	12.9	19.2
Africa	92.2	84.7	13.3	20.8
Middle East	61.2	28.2	34.7	67.7
China ⁽¹⁾	241.3	14.7	1 069.1	1 295.8
India	232.8	31.2	2.1	203.7
Japan	-	0.0	119.6	119.6
South Korea	0.4	0.0	74.7	75.0
Other Asia	19.2	47.7	76.7	48.2
Asia	493.6	93.6	1 342.2	1 742.2
Australia	918.7	836.2	0.8	83.3
New Zealand and Other Oceania	3.2	2.3	0.1	1.0
World	2 335.7	1 603.9	1 583.9	2 315.7

ماخذ: (WorldSteel, 2021)



پوسته قاره‌ای بطور متوسط ۵/۶ درصد آهن دارد که چهارمین عنصر رایج بعد از اکسیژن، سیلیس و آلومینیوم است. با این حال، از سیلیکاتهای آهن نمی‌توان استفاده کرد. مهم‌ترین کانیهای معدنی آهن (جدول ۱-۲) مگنتیت (شکل ۱-۲) و هماتیت هستند. محصول هوازدهی مکرر لیمونیت خاکی قهوه‌ای مایل به زرد است که مجموعه‌ای از هیدروکسیدهای آهن مختلف می‌باشد (Walter, 2011).

عیار مناسب سنگ معدن آهن ۵۵-۶۰ درصد است و عیار حد آهن در کانسنگ آهن ۳۰ درصد می‌باشد، هر چند به استثناء بازار چین، اکثر تولیدکنندگان بزرگ، سنگ معدن، کنسانتره، پلت را با میزان ۵۵-۶۵ درصد آهن تحویل می‌دهند. سنگ مگنتیت یک استثنا است که می‌تواند با عیارهای نسبتاً کم نیز مورد بهره‌برداری قرار گیرد، زیرا جدایش مغناطیسی آن بسیار کم‌هزینه است. سنگ معدنی که دارای مقدار زیادی فسفر، گوگرد و سایر فلزات است ممکن است نیاز به فراوری خاصی داشته باشد. ذخایر آهن پهن‌آور و بسیار متنوع هستند و سازندهای آهن نواری مهم‌ترین آن‌ها می‌باشند (Neukirchen and Ries, 2019).



شکل ۱-۲- مگنتیت از منطقه سنت پل، بانات (رومانی) (Neukirchen and Ries, 2019).

انواع کانی‌های آهن در جدول ۱-۱ نمایش داده شده است. کانی مگنتیت براساس شرایط تشکیل، غلظت‌های مختلف Al ، Mg ، Mn ، Ti و V را نشان می‌دهد و در سیدریت، مقدار منگنز و Ca به میزان چند درصد می‌رسد. "مارتیت" مگنتیت هماتیته شده است و هماتیت میکایی درشت بلور، به عنوان "اسپکولاریت" شناخته می‌شود. سیلیکات‌های آهن مانند شاموزیت و تورینزیت، با حداکثر میزان ۴۲٪ آهن، به ندرت ارزش اقتصادی دارند، اما همیشه بخشی از پاراژنز کانسنگ در کانسارهای آلیتی هستند. "لیمونیت" یک اصطلاح میدانی است و ممکن است حاوی میزان متغیری از اکسید-هیدروکسیدهای آهن بی‌شکل و ریزبلور باشد (جدول ۱-۱) (Neukirchen and Ries, 2019).

جدول ۱-۲- کانی‌های مهم در سنگ آهن

Fe %۷۲	$\text{Fe}^{2+} \text{Fe}_2^{3+} \text{O}_4$ اغلب همراه با (Ti, Mn, Mg, Al, V)	مگنتیت
Fe 70 %	$\text{Fe}_2^{3+} \text{O}_3$	هماتیت
Fe 62 %	$\alpha\text{-Fe}_3\text{+OOH}$	گوتیت
Fe 62 %	$\gamma\text{-Fe}_3\text{+OOH}$	لپیدوکروزیت
Fe 48 %	FeCO_3	سیدریت

ویژگی‌های سنگ آهن (و کنسانتره) قابل فروش، به ترکیب شیمیایی، اندازه دانه و وضعیت آن در کوره ذوب آهن مربوط می‌شود. خواص شیمیایی و کانی‌شناسی مطلوب برای سنگ آهن، با هدف اصلی آن یعنی تولید آهن قالبی در کوره ذوب آهن تعیین می‌شود. تنها ۱۰ درصد از سنگ آهن جهان با استفاده از فناوری احیاء به‌طور مستقیم به آهن اسفنجی تبدیل می‌شود. آهن اسفنجی همراه با کک، بعنوان مواد اولیه اصلی برای تولید فولاد خام بکار می‌رود. غلظت بالای آهن در سنگ معدن، میزان پایین SiO_2 و آلومینیوم و اندازه درشت دانه، معمولاً خواص مطلوبی برای سنگ آهن بشمار می‌روند. سایر شرایط مطلوب عبارتند از مقدار مناسب $\text{CaO}+\text{MgO}$ (سنگ معدن "بازیک")، فسفر کمتر از ۰/۱٪ و سایر ناخالصی‌ها ($\text{Mn} < ۲\%$ ، $\text{Cr} < ۰/۱\%$ ، $\text{Ni} < ۰/۵\%$ ، $\text{S} < ۰/۲\%$ و As ، Cu و Zn و $\text{Pb} > ۰/۱\%$). اصولاً میزان فسفر بیش از ۰/۱٪ قابل قبول نیست، زیرا بر کیفیت فولاد تأثیر منفی می‌گذارد. وجود Ti و V در تولید آهن و فولاد تداخل ایجاد می‌کند، اما می‌توانند محصولات جانبی ارزشمندی در کارخانه باشند. به‌طور کلی، ثابت بودن ترکیب سنگ معدن یک مزیت به شمار می‌رود و ویژگی‌های نامطلوب را جبران می‌کند. سرباره‌هایی که از تولید آهن و فولاد به‌دست می‌آید، محصولات جانبی به‌شمار می‌روند و ضایعات نمی‌باشند. از سرباره‌ها در کشاورزی و جنگلداری به‌عنوان کود استفاده می‌شود و همچنین در فرمول سیمان به‌کار می‌رود. هرچند گاهی ممکن است دارای عناصر مضر هم برای طبیعت باشد. استفاده‌های غیر متالورژی از سنگ آهن سهم بسیار کمی از کل تولید را به‌خود اختصاص می‌دهد که شامل کاربردهای شیمیایی (سولفات قارچ‌کش)، رنگدانه‌ها و مواد ساینده می‌باشد. در آینده، ترکیبات سولفات آهن ممکن است برای کوددهی به اقیانوس‌ها استفاده شود، زیرا Fe عامل اصلی در تولید فیتوپلانکتون است. کاربرد آن یکی از روش‌های مهندسی جهت ترسیب کربن از جو زمین است. بسیاری از معادن به‌طور اختصاصی رنگدانه‌های اکسید آهن (۲۰۰،۰۰۰ تن در سال در سراسر جهان) را برای رنگ آمیزی مصالح ساختمانی

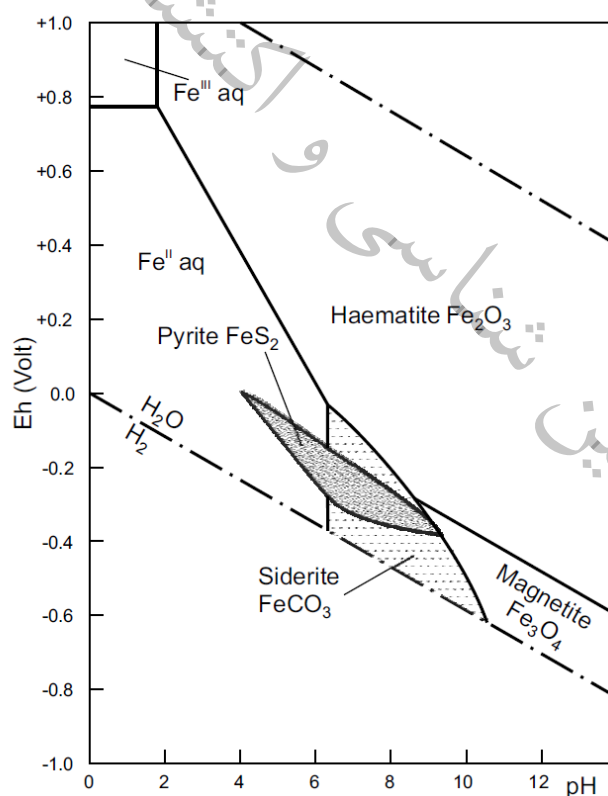


(به عنوان مثال آجر)، رنگ ها (به عنوان مثال، اکر، هماتیت سوزنی)، خوراک دام و به عنوان پرکننده در پلاستیک تولید می کنند. به طور معمول، این معادن از کیفیت بسیار بالایی از نظر سنگ و فراوری برخوردار هستند (Walter, 2011).

۱-۲- ژئوشیمی آهن

رفتار ژئوشیمیایی آهن با موقعیت نام آن (آهن در یونانی باستان سیدروس نامیده می شد) با گروه عناصر سیدروفیل گلدشمیت تطابق دارد و در جدول تناوبی به عنوان یک فلز انتقالی معرفی شده است. فراوانی آهن تقریباً در تمام سنگها و در پوسته قاره ای (۵٪، محدوده ۳-۶٫۵٪) بالا می باشد. وجود حالت های متغیر اکسیداسیون در عنصر آهن در طبیعت از اهمیت زیادی برخوردار است: آهن ناتیو Fe^0 ، آهن فرو (Fe^{2+}) و آهن فریک (Fe^{3+}). آهن احیایی معمولاً متحرک و آهن اکسیدی بی حرکت است. این امر باعث می شود که توده های عظیمی از آهن در چرخه برون زای فرآیندهای زمین باقی بماند. حالت های احیایی آهن، محیط های زمین شناسی را مشخص می کند که معمولاً در تماس با جو یا مواد آلی بوده است. دگرسانی سطحی باعث اکسیداسیون می شود، در حالی که احیای آهن در رگه های نازک زغال سنگ (سیدریت) رخ می دهد و آهن ناتیو در تماس با زالت با شیب های بیتومینه یا زغال سنگ (به عنوان مثال Diskø، گرینلند) یافت می شود. درصد بالایی از سنگ آهن در اثر هوازدگی و یا رسوبگذاری تشکیل یافته است. بنابراین، رفتار ژئوشیمیایی آهن در محیط های نزدیک به سطح از اهمیت بالایی برخوردار است. هوازدگی سنگ آهن ممکن است به غنی سازی سنگ های باقی مانده منجر شود، مانند ذخایر سنگ آهن لاتریتی. آهن اکسید شده می تواند به شکل ذرات کلوئیدی یا جامد اکسی-هیدروکسیدی حرکت کند و یا بر روی ذرات رسی معلق جذب و با مواد آلی همراه شود و به ندرت بصورت محلول یونی تحرک می یابد. پایداری و تشکیل کانیه های آهن به خوبی در فضای pH/Eh تعریف شده است (شکل ۱-۳). نواحی جانبی مناطق pH/Eh در حوضه رسوبی، باعث ایجاد پهنه بندی رخساره های آهن می شود. فعالیت های زیستی ممکن است به طور غیرمستقیم با مصرف یا تولید اکسیژن و CO_2 و به ندرت به صورت مستقیم به ته نشینی آهن کمک کند. آهن یکی از عناصر کمیاب ضروری در عملکردهای زیستی است و فقط برخی از مواد شیمیایی آن سمی هستند. خطر مسمومیت کشنده با آهن در اثر خوردن تصادفی قرص آهن مربوط به کودکان زیر شش سال است. عناصر کمیاب ضروری در انسان شامل آهن، مس، روی، منگنز، منیزیم، کروم، مولیبدن، تنگستن، کبالت، سلنیوم و ید است. عناصر غیرفلزی ضروری برای سلامتی انسان عبارتند از کلسیم، کلر، پتاسیم، فسفر، فلوئور و سدیم (همه با مقدار توصیه شده روزانه در محدوده گرم).

آب اقیانوسها، در نیمه اول تاریخ زمین غنی از آهن بود، اما با تشکیل سنگ معدن آهن نواری در پالئو پروتروزوئیک ("رویداد اکسیداسیون بزرگ") میزان آهن در آن بسیار کاهش یافت. در دوره بعد، بین ۱/۸ میلیارد سال و ۸۰۰ میلیون سال قبل، آهن احتمالاً با تشکیل سولفیدهای نامحلول از اقیانوس‌ها به رسوبات منتقل شد. از زمان اکسیژن رسانی کامل اقیانوس در ۷۰۰ میلیون سال قبل، آهن وارد شده به اقیانوس‌ها به Fe^{+3} اکسیده می‌شود و با OH واکنش داده و اکسی-هیدروکسیدهای نامحلول را تشکیل می‌دهد. حلالیت سیالات هیدروترمال آهن‌دار با شوری و دما رابطه مثبت دارد. افزایش میزان کلر در محلولهای گرمابی معمولاً در اثر حل شدن هالیت یا جابجایی آب تبخیرشده دریا ایجاد می‌شود. در سیالات اسیدی، احیایی و غنی از کلر، میزان بالای آهن به شکل $FeCl_3$ و $FeCl_2$ درمی‌آید. افزایش فشار، fO_2 و pH بر قابلیت حل شدن عنصر آهن کنترل دارند. رسوبگذاری همراه با کاهش شدید P یا T صورت می‌گیرد که این امر در اثر مخلوط شدن با آبهای دارای شوری کم (به عنوان مثال آب جوی)، یا با دسترسی به اکسیژن و یا با افزایش pH در نتیجه تماس با سنگهای کربناته، اتفاق می‌افتد (Walter, 2011).



شکل ۱-۳- محدوده‌های پایداری فازهای اکسید، سولفید و کربناته آهن در آب در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، فشار کلی ۱ اتمسفر و مولاریته Fe، S و CO_3 به ترتیب 10^{-6} ، 10^{-6} و ۱ است. افزایش در اکتیویته کربنات یا گوگرد در محلول، محدوده سیدریت یا پیریت را گسترش می‌دهد. اگر اکتیویته کربنات یا گوگرد در محلول کاهش یابد، محدوده همگنتیت تا محدوده pH خنثی گسترش می‌یابد.



۱-۳- انواع کانسار سنگ آهن

ذخایر سنگ آهن دارای ژنز متعددی هستند. دو عامل تغییرات عدد اکسیداسیون و حلالیت بالای فلز در سیالات شور احيایی در تمرکز آهن بسیار مهم هستند. عامل تغییر عدد اکسیداسیون باعث تشکیل توده های عظیم سنگ آهن در شرایط رسوبی مانند سازندهای آهن نواری پرکامبرین شده است. افزایش شوری یک پدیده رایج در تمرکز آهن در کانسارهای اکسید آهن- مس- طلا، اسکارن، سیدریت هیدروترمال- متاسوماتیک و کانسارهای عیار بالای هماتیت است (Walter, 2011).

- براساس ویژگیهای علمی و اقتصادی کانسارهای سنگ آهن به انواع زیر تقسیم شده اند:
- کانسارهای سنگ آهن ارتوماگمایی (نفوذی و خروجی، مافیک و فلسیک، آلکالن، کربناتیته)؛
- کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن آهن؛
- کانسارهای توده ای و رگه ای ماگمایی- هیدروترمال، شامل زیرگروه اکسید آهن- آپاتیت؛
- کانسارهای سیدریتی هیدروترمال- متاسوماتیک در کربناتها (دیاژنزی یا دگرگونی)؛
- کانسارهای هیدروترمال آتشفشانی- برونومی و رسوبی- هیدروترمال (سدکس)؛
- کانسارهای برجازا، لاتریتی؛
- کانسارهای سوپرژن کانالی
- کانسارهای آهن خاکی- رسوبی (باگ، سنگ آهن کارستی، پلاستی)؛
- کانسارهای سنگ آهن دریایی- رسوبی و کانسارهای غنی سازی شده وابسته به آن (مگنتیت در سازند آهن نواری، کانسار مارتیت- گوتیت مشتق از سازند آهن نواری، آبرون استون، سنگ آهن اوولیتی، آهن آواری، آهن پلاسر ساحلی)
- کانسارهای هماتیتی عیار بالا جایگزین سازندهای آهن نواری (غنی سازی اولیه با استفاده از فرآیندهای هیدروترمال- دیاژنزی، غنی سازی سوپرژن نهایی) (Walter, 2011).

۱-۳-۱- کانسارهای سنگ آهن ارتوماگمایی (نفوذی و خروجی، مافیک و فلسیک، آلکالن، کربناتیته)؛

۱-۳-۱-۱- کانسارهای آهن ارتوماگمایی- نفوذی

کانسارهای آهن ارتوماگمایی- نفوذی شامل رگه های مگنتیتی در ناحیه فوقانی بوشولد در آفریقای جنوبی است. مهم ترین ویژگی اقتصادی معدن بوشولد، وجود لایه اصلی مگنتیت با ضخامت متوسط ۱,۸ متر و ۱,۶ درصد V_2O_5 ، بصورت معادن روباز با بیش از ۱۰۰۰ میلیون تن (Mt) ماده معدنی است. در سراسر جهان، ذخایر متعدد کوچک و متوسطی از سنگ آهن با توده های نفوذی گابرو و نوریت همراه هستند. توده معدنی

در "تیپ گابرو" به صورت لایه‌ای یا رگه‌ای تشکیل می‌شوند. میزان بالای تیتانیوم در مگنتیت ممکن است برای بعضی مصارف اقتصادی مشکل‌زا باشد، اما ارزش برخی معادن با داشتن مگنتیت تیتان دار بیشتر می‌شود. سنگ معدن آهن ارتوماگمایی از نوع "آنورتوزیت" اغلب دارای پاراژنز هماتیت و ایلمنیت هستند که امکان فراوری اقتصادی بیشتری را فراهم می‌کند. در غلظت‌های بالای ایلمنیت، این سنگ معدن، منبع تیتانیوم است و آهن محصول جانبی آن می‌باشد.

برای مدت طولانی، تصور می‌شد که سنگ معدن مگنتیت-آپاتیت در کایرونا و مالمبرگت در شمال سوئد از نوع ارتوماگمایی همراه با توده نفوذی عمیق یا نیمه عمیق هستند. ولی به تازگی، برای آن منشأ ماگمایی-هیدروترمال مشابه با المپیک دم مورد توجه قرار گرفته است. سنگ‌های میزبان شامل سنگ‌های آتشفشانی و نفوذی فلسیک میان صفحه‌ای پالئوپروتروزوئیک بوده و کانسنگ از نوع استراتاباتد و تابولار است و در کایرونا با ضخامت ۴ متر به طولی حدود ۲۰۰ کیلومتر امتداد می‌یابد. این توده معدنی با شیب ۶۰ درجه در زیر زمین ادامه دارد و حفاری‌ها تا عمق ۱۵۰۰ متر این امر را تأیید می‌نمایند. تا سال ۲۰۱۲ بهره‌برداری تا عمق ۱۰۵۴ متر ادامه داشت. حفره‌های بزرگ معدن که پس از استخراج سنگ معدن باقی مانده است باعث فرونشست قابل توجهی در شهر کایرونا شده است. سنگ معدن آن توده‌ای یا نواری یا استراتیفرم متقاطع است و وجود مگنتیت ستونی و دندریتی نشان‌دهنده سرد شدن سریع مذاب حامل ماده معدنی است. بخش‌های حفره دار آن ممکن است جریان گدازه را نشان دهند و احتمالاً توده معدنی نواری ریزدانه از ریزش خاکستر، و توده معدنی برشی از مواد پیروکلاستی منشأ گرفته باشد. همچنین آپوفیزهایی با ضخامت کم در فرادیواره و فرودیواره گسترش یافته‌اند. پیش از این تصور می‌شد که این امر نفوذ ماده معدنی به شکل ماده مذاب را اثبات می‌کند. تعیین سن نشان می‌دهد که سنگ معدن و سنگ‌های آتشفشانی دارای یک سن هستند. نظرات مخالف نیازی به حذف یکدیگر ندارند و به نظر می‌رسد که هم مواد مذاب و هم سیالات در تراز توده‌های نیمه عمیق و نفوذی وجود داشته باشند. پاراژنز کانسار شامل مگنتیت، هماتیت، فلوراپاتیت، اکتینولیت، ترمولیت و کلینوپیروکسن با ۵۵ تا ۶۵ درصد آهن و ۱ تا ۲ درصد فسفر است. میزان ذخیره تا ۸۰۰ متر پایین‌تر از سطح، ۳۰۰۰ میلیون تن تخمین زده می‌شود. تولید سالیانه به ۲۰ میلیون تن می‌رسد و این امر باعث می‌شود که کایرونا به مهم‌ترین تولید کننده سنگ آهن اروپای غربی تبدیل شود (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴- کانسنگ آر معدن کایرونا شامل کانیهای مگنتیت و آپاتیت از مالمبرگ سوئد (Neukirchen and Ries, 2019).

۱-۳-۱-۲- سنگ معدن آهن ارتوماگمایی - خروجی

سنگ معدن آهن ارتوماگمایی - خروجی به ندرت یافت می‌شود، اما چندین کانسار دارای اندازه چشمگیر هستند. بخشی از مذاب اکسید آهن به سطح رسیده و همراه با جریان گدازه، توده آتشفشانی و توف سخت می‌شود. بخشی دیگر رگه‌ها و توده‌های عظیمی را در داخل نفوذهای نیمه عمیق تشکیل داده‌اند. سنگ‌های میزبان سنگ‌های ولکانیکی فلسیک تا حد واسط هستند که کالدرها و سپرهای ولکانیکی را تشکیل داده‌اند. سیال FeO_x ممکن است ناشی از امتزاج مواد مذاب مافیک و فلسیک نیمه عمیق باشد. ذخایر بزرگ این تیپ کانه زایی، با کانسنگ تشکیل شده از مگنتیت، هماتیت، آپاتیت و پیروکسن دندریتی، در شیلی مورد بهره برداری قرار می‌گیرند. کانسارهای شیلی و مکزیک حاوی ۱۰۰۰ میلیون تن ذخیره هستند.

۱-۳-۲- کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن آهن؛

کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن آهن در منطقه تماس سنگ‌های گابرو، دیوریت، سینیت و گرانیتی (به ویژه در جزایر کمانی) که به داخل سنگ‌های کربناته نفوذ کرده‌اند، ایجاد می‌شوند. برخی از این ذخایر عظیم حاوی چند صد میلیون تن آهن هستند. این کانسارها بیشتر از مگنتیت و سیلیکات‌های غنی از آهن تشکیل شده‌اند. ممکن است عناصر Cu ، Co ، Ni و Au نیز در مقادیر کمتری وجود داشته باشند. اندواسکارن می‌تواند بخش زیادی از ذخیره را در چنین مواردی تشکیل دهد. چندین اسکارن بزرگ آهن در جنوب اورال مانند

مگنیتوگورسک (روسیه) وجود دارد. یکی دیگر از ذخایر عظیم اسکارن سربای سوکولوف (قزاقستان) است. در گذشته اسکارن آهن در جزیره الب (ایتالیا) استخراج می‌شد.

تحقیقات علمی زیادی بر روی منشاء عناصر موجود در کانسنگ و سیالات منتقل کننده این عناصر صورت گرفته‌است. این عناصر می‌توانند از منشاء متفاوتی مثل توده ماگمایی، سنگ‌های میزبان مجاور یا مناطق وسیعی در اطراف آن مشتق شوند. در شرایطی که از سنگ‌های مجاور منشاء گرفته باشند، سیالات شور غالب هستند و باعث دگرسانی سدیک ناحیه‌ای می‌شوند (به عنوان مثال آلبیت، اسکاپولیت) و در نتیجه با گروه کانسارهای سنگ آهن IOCG ارتباط دارند.

در کوه‌های اورال، ذخایر سنگ آهن اسکارن از نظر اقتصادی در یک محیط تصادمی اواخر پالئوزوئیک تشکیل شده است. در گورا مگنیتناجا کانسار سنگ آهن، در زمان کربنیفر آغازی، در سنگ‌های کربناته همراه مقادیر جزئی رسوبات آتشفشانی تشکیل شده‌اند، که در آن گرانیت پورفیری کربنیفر پایانی نفوذ کرده است. توده معدنی به صورت چین‌های در پوششی از سنگ اسکارن و سنگ مرمر کلسیتی قرار دارد. پارائز اولیه متشکل از کانیهای بدون آب مگنتیت، گارنت و پیروکسن و به دنبال آن هماتیت، پیریت، کالکوپریت، کوارتز، اپیدوت و کلسیت است. ذخیره معدن قبل از استخراج ۵۰۰ Mt با میانگین $\text{Fe } 56\%$ ، $\text{Mn } 0.8\%$ ، $\text{SiO}_2 14.85\%$ ، $\text{CaO } 1.82\%$ ، $\text{P } 0.04\%$ و $\text{S } 1.94\%$ بود. کانسار به طور سطحی با مارتیتی شدن غنی شدگی یافته است. معدن مشابهی بنام سربای در قزاقستان با اندازه ۱۵۰۰ Mt است که در سال ۱۹۴۸ توسط مغناطیس‌هوایی پیدا شد. در سربای، مواد معدنی گانگ شامل Na-Cl -اسکاپولیت است، که شاهد روشنی برای نقش مهم سیالات شور در تشکیل اسکارن است.

۱-۳-۳- کانسارهای آهن ماگمایی- هیدروترمال، اپی ژنتیک، توده‌ای و رگه‌ای

کانسارهای سنگ آهن ماگمایی- هیدروترمال، اپی ژنتیک، توده‌ای و رگه‌ای در نزدیکی بسیاری از توده‌های نفوذی مافیک تا حدواسط کالک الکالن، در حاشیه صفحات همگرای جدید یا قدیمی (شیلی، پرو، آمریکای مرکزی، سوئد و ژاپن) تشکیل شده‌اند. به نظر می‌رسد برخی از کانسارهای مربوط به عصر فانروزوئیک، در کانسارهای اکسید آهن- مس- طلا گروه‌بندی شوند. داده‌های اولیه ایزوتوپ Sm-Nd و Re-Os نشان می‌دهد که منشأ آهن اکسید آهن-آپاتیت از پوسته منتج شده، در حالی که سیستم‌هایی با ارزش اقتصادی مس یا طلا از گوشته مشتق شده‌اند.



۱-۳-۴- کانسارهای سیدریت توده‌ای هیدروترمال-متاسوماتیک

کانسارهای سیدریت هیدروترمال-متاسوماتیک دارای عیار پایینی (۴۰ درصد آهن) در مقایسه با کانسارهای مشتق از سازندهای آهن نواری (۶۰ درصد) می‌باشند. مناطق شناخته‌شده از این لحاظ شامل باکال، کوههای اورال، در روسیه، بیلباتو در اسپانیا، ارزبرگ در اتریش، جریسا در تونس و اوئنا در الجزایر هستند. میزان ذخیره در حد چند صد تن است و کانسارهای کوچکتری نیز وجود دارند. کنسانتره کربناته آهن را می‌توان با اکسیداسیون در جریان هوای گرم و کانه آرای مغناطیسی متعاقب آن بهبود بخشید، بطوریکه عیار آهن تقریباً به ۶۰ درصد برسد. در نتیجه، توده‌های سیدریت جایگزین کربناته‌ها، محصول فرایندهای گرمایی اپی ژنتیک هستند. جایگزینی متاسوماتیک ممکن است در هر زمان پس از رسوب کربناته‌ها، از دیاژنز اولیه تا دگرگونی اتفاق افتاده باشد. کانسارهای عظیم در باکال روسیه میزبان سنگهای آهنی مزوپروتروزوئیک (۱۴۰۰ میلیون سال قبل) هستند، در حالی که سن سرب - سرب با دوره کوهزایی گرنویل همزمان است.

۱-۳-۵- کانسارهای آتشفشانی-بروندی و رسوبی-گرمایی (سدکس)

کانسارهای آتشفشانی-بروندی و رسوبی-گرمایی (سدکس)، تولید کننده سنگ آهن قابل توجهی نیستند، اما برخی از آنها تولیدکنندگان آهن و فلزاتی مانند Cu, Au, As, Tl, Pb و Zn هستند. توده‌های پیریتی از نوع کوروکو، قبرس و سدکس، که برای تولید اسید سولفوریک مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، با شرط ترکیب شیمیایی قابل قبول، اکسید آهن اسفنجی تولید می‌کنند که می‌تواند خوراک مناسب کوره ذوب آهن باشد. کانسار آهن آتشفشانی و نوع سدکس نیز ممکن است در رخساره‌های کربناته یا اکسیده رخ دهد. کانسار آهن آلوگوما از این گروه است.

۱-۳-۶- کانسارهای سنگ آهن برجا یا لاتریتی

کانسارهای سنگ آهن برجا یا لاتریتی، بر روی سنگ‌های مافیک یا اولترامافیک آهن‌دار (بیشتر افیولیت‌ها) تشکیل می‌شود. این کانسارها دارای کروم، نیکل و کبالت هستند که در فراوری آهن ایجاد مشکل می‌کند، همچنین میزان اکسید آلومینیوم در آنها بالا بوده و میزان رطوبت تا ۳۰٪ می‌رسد و میزان آهن در آنها پایین است، لاتریت‌های آهن‌دار فریکریت نامیده می‌شوند (Robb, 2005).

همه اینها باعث کاهش علاقه به چنین معادنی می‌شود. اگر غلظت کروم یا نیکل به عیار بالاتری برسد، معدن ممکن است سودآور باشد (آلبانی، کوبا، یونان، گینه، فیلیپین، استرالایای غربی). این کانسارها در حال حاضر

به‌عنوان کانسار نیکل لیمونیتی با آهن بالا ("کانسار نیکل اکسیدی") برای کوره‌های ذوب آهن در چین استخراج می‌شود. در کانسارهای نیکل اکسیدی، نیکل بر روی هیدروکسیدهای آهن آمورف جذب می‌شود یا به صورت اذخال در گوتیت تشکیل می‌شود. فناوری‌های جدید نشان می‌دهد که اسیدشویی با فشار بالا (PAL) معایب اقتصادی قبلی فرآوری این سنگ‌ها را برطرف می‌کند، کوناگری در گینه نمونه بارز این گروه است. در کانسار، ۶ متر آهک سخت دونیتی با ۱۰٪ آهن، روی کانسار رامی‌پوشاند. سنگ معدن حاوی ۵۲٪ Fe، ۱۲٪ Al_2O_3 ، ۱٫۸٪ SiO_2 ، ۰٫۲۵٪ P، ۱٫۸٪ Cr، ۰٫۱۵٪ Ni، ۰٫۵٪ TiO_2 و ۱۱٪ آب است.

فرایند دگرسانی سوپرژن باعث غنی‌شدگی و افزایش عیار آهن در این کانسارها می‌شود. البته این امر در هر کدام از تیپ‌های دیگر آهن که در نزدیک سطح باشند هم صدق می‌کند. سازندهای آهن نواری پروتروزوئیک از نوع سوپریور از این لحاظ دارای بیشترین اهمیت هستند زیرا هم گستردگی بیشتری دارند و هم میزان آهن زیادی در داخل این سنگ‌ها وجود دارد.

۱-۳-۷- کانسارهای تیپ سوپرژن تراوشی کانالی

در حدود سال ۱۹۹۰، نوع جدیدی از معادن عظیم سنگ‌آهن در حوضه هامرسلی در غرب استرالیا شروع به توسعه کرد، این کانسارها از سال ۱۹۵۵ شناخته شده بودند. چندین مسیر رودخانه در استان هامرسلی بیف به سمت شرق و شمال وجود دارد که از میان کوه‌ها تا چندین کیلومتر عبور می‌کنند. این مناطق از سنگ آهن ساخته شده‌اند و در برابر فرسایش مقاومت کرده و در نتیجه ارتفاع بالاتری نسبت به اطراف خود نشان می‌دهند (شکل ۱-۵). این کوه‌ها نشان‌دهنده پر شدن دره‌های (رودخانه‌های لیمونیتی) وسیع در زمان ترشیاری پایینی بوده و به‌عنوان "کانسارهای سنگ‌آهن کانالی" نامگذاری شده‌اند. در قسمت‌های پایینی، رودخانه‌هایی که دامنه‌های منطقه هامرسلی را تخلیه می‌کنند، موجب دفن بخشی از این کانسار در زیر دره‌های آبرفتی شده‌اند.



شکل ۱-۵- سازند آهن نواری که در ارتفاع بالاتری نسبت به صحرای ماسه‌ای اطراف قرار گرفته است (Neukirchen and Ries, 2019).

بر اساس منابع، بسیاری از اولین معادن در امتداد رود ماریلانا، با بیش از ۳۵۰۰ میلیون تن ذخیره در طول ۸۰ کیلومتر قرار گرفته بودند. عیار H_2O و Fe , P , SiO_2 , Al_2O_3 به ترتیب برابر با ۵۸٪، ۰٫۰۴٪، ۴٫۹٪، ۱٫۳٪ و ۱۰٪ است. ماده معدنی به صورت تجمعات پیزولیتی به هم فشرده و متراکم (نه پبلهای معدنی) از گوتیت و هماتیت بوده و ماده معدنی به شکل نواری و گاهی توده‌ای تشکیل شده‌است. ماتریکس حاوی مواد معدنی آهن‌دار است و مقداری خاک رس، کلسیت، کلسدونی و به ندرت لیمونیت در آن دیده می‌شود. یک توده معدنی منفرد در این ناحیه وجود دارد که ضخامت آن به ۱۰۰ متر می‌رسد. این کانپها در اثر ته نشست از آبهای زیرزمینی در مناطق آبرفتی آهن‌دار، به‌طورمستقیم یا با جایگزینی ذرات آواری شکل می‌گیرند، منشأ آهن، هوازگی رخنمونهای سازندهای آهن نواری در بالادست می‌باشد.

۱-۳-۸- کانسارهای سنگ آهن خاکی و رسوبی

کانسارهای سنگ آهن خاکی و رسوبی، اولین منبع فلز آهن برای انسان بوده‌است. اما با آغاز صنعتی شدن این نوع کانسار به سرعت کنار گذاشته‌شد، زیرا حجم کانی سازی در آنها معمولاً بسیار کوچک است. در این نوع کانسار ورود آب اسیدی، باعث تشکیل سنگ باتلاقی (Bog ore) در باتلاق‌ها و کانسنگ سیدریتی در توالیهای زغال سنگ شده و زهکشی مواد آهن‌دار، به کندی حفره‌های کارستی را پر کرده‌است (Walter, 2011). پلاسره‌های های آبرفتی (ماسه‌های سیاه) پراکنده و ریزدانه هستند. سنگ آهن لوبیایی (Bean ore) دارای اندازه‌هایی در حد میلی متر تا سانتی متر متشکل از کانی لیمونیت و شبیه دانه‌های قهوه است (شکل ۱-۶)

که گاهی در غارها و دیگر حفره‌های کارستی یافت می‌شوند. کانه تشکیل دهنده آن معمولاً لیمونیت است، لیمونیت مخلوطی از هیدروکسیدهای آهن مختلف مانند لپیدوکروزیت و گوتیت است که به تنهایی یک ماده معدنی محسوب نمی‌شود. سنگ آهن لوبیایی با شکلی نامنظم و متحدالمرکز نیز ممکن است به صورت توخالی یا حاوی فسیل تشکیل شده باشد. تشکیل آنها به انحلال آهن در مرحله هوازدگی شدید در مناطق گرمسیری نسبت داده می‌شود. آب اسیدی آهن محلول را به مناطق آهکی منتقل می‌کند. در اینجا آهن محلول به دلیل تغییر مقدار pH دوباره رسوب می‌کند. اگرچه سنگ معدن لوبیایی امروزه ناچیز است، اما تا قرن نوزدهم بخش قابل توجهی از نیاز آهن را در برخی مناطق مانند جنوب غربی آلمان و سوئیس پوشش می‌داد (Neukirchen and Ries, 2019).



شکل ۱-۶- سنگ آهن لوبیایی در ژورا سوئیس (Neukirchen and Ries, 2019).

۱-۳-۹- کانسارهای دریایی-رسوبی

کانسارهای سنگ آهن رسوبی- دریایی و غنی شدگی- سوپرژن همراه با آن شامل کانسارهای آهن نواری، آبرون استون، سنگ آهن اوولیتی، سنگ آهن آواری و پلاسره‌های ساحلی است. در این میان، با توجه به برتری سازندهای آهن نواری همه انواع دیگر کم ارزش به نظر می‌رسند. سازندهای آهن نواری سنگهای رسوبی به سن پروتروزوئیک و آرکئن هستند و از تناوبی از کانیهای مگنتیت، هماتیت و چرت تشکیل شده‌اند. در زمان تشکیل سازند آهن نواری دریاها فاقد اکسیژن بودند، بنابراین قادر بودند که حجم زیادی از یون آهن را در خود حل کنند. سازندهای آهن نواری اولیه دارای عیار آهن نسبتاً پایینی (۲۵ تا ۴۵ درصد وزنی آهن) هستند و به ندرت مورد بهره برداری قرار می‌گیرند. عمده آهن سازندهای آهن نواری در سراسر جهان از غنی شدگیهای بعدی به وجود آمده است. انواع کانسارهای آهن نواری شامل آلگوما، سوپریور و راپیتان است (Neukirchen and Ries, 2019).



(and Ries, 2019). که در حقیقت "کانسارهای سنگ آهن با میزبان سازندهای آهن نواری" هستند و دارای چند میلیون تا بیش از ۳۰۰۰ میلیون تن ذخیره بابتش از ۶۴٪ وزنی آهن می‌باشند، گرچه بیشتر آنها حاوی ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلیون تن ذخیره هستند.



شکل ۱-۷- سازند آهن نواری در شمال آمریکا (Neukirchen and Ries, 2019).

انواع رایج سازندهای آهن نواری به عنوان تاقونیت (سازندهای آهن نواری کم عیار با ۳۰٪ Fe در مینه سوتا قرار دارد که با توجه به غنی سازی مغناطیسی مگنتیت و هماتیت در آن قابل بهره‌برداری است)، ایتابیریت (دگرگونی دانه درشت)، کانگا (کانسنگ دانه ریز) و ژاسپلیت (کانسنگ با دگرگونی بسیار پایین و دانه ریز) توصیف می‌شوند (Walter, 2011).

ایالت‌های مهم استخراج سنگ آهن سازندهای آهن نواری پالئوپروتوزوئیک، در استرالیا (همرسل)، آمریکای جنوبی (میناس ژرایس و کاراکاس در برزیل)، آمریکای شمالی (دریاچه سوپریور، لابرادور)، اروپا (کریوی ریه در اوکراین، ناهنجاری مغناطیسی کریوج راگ و کورسک در روسیه)، آسیا (اوريسا، گوا، هند) و در آفریقا (لیبی، آنگولا و ترنسوال در آفریقای جنوبی) می‌باشند.

یکی از بزرگ‌ترین ایالت‌های سنگ آهنی در جهان حوضه هامرسل در منطقه پیلبارا در غرب استرالیا است. این حوضه، مساحتی بالغ بر صدهزار کیلومتر مربع دارد و از سنگهای رسوبی و آتشفشانی سوپرگروه کوه بروس به ضخامت ۱۵ کیلومتر با سن نئوارکن تا پالئوپروتوزوئیک (۲,۴۱-۲,۷۷ Ga) تشکیل شده‌است. در شمال، این سنگها به طور ناهمساز در کنار سنگهای ارکن قدیمی‌تر قراردارند، در حالی که در جنوب آنها توسط رسوبات جوانتر پروتوزوئیک پوشانده شده‌اند. سوپر گروه کوه‌های بروس با کنگلومرای پایه (تا حدی حاوی طلا شبیه به سنگهای ویتواترزنند)، بازالت، توف و شیل سیاه گروه فورتسکیو که توسط گروه هامرسل پوشانده شده،

شروع می‌شود. گروه هامرسلی پنج افق از سازندهای آهن نواری مهم را نمایش می‌دهند که شامل شیل، دولومیت و سنگ‌های آتشفشانی بایمدال کمیاب می‌باشد. گری وک و بازالت‌های گروه ویلو به طور دگرشیب از گروه هامرسلی جدا شده که توسط کنگلومرای هماتیته مشخص می‌شوند. این رسوبات دوره‌هایی از شرایط آرام دریایی درون قاره‌ای را نشان می‌دهد، در حالی که سنگ‌های آتشفشانی دلالت بر تکتونیک کششی و ماگماتیسم مشتق از گوشته دارند. ماگماتیسم مشتق از گوشته ممکن است به ورود گرمایی آهن و سیلیس به دریای کم عمق کمک کرده باشد. در شمال، دگرگونی و تغییر شکل سنگها محدود بوده، در حالی که به سمت جنوب دگرگونی افزایش می‌یابد و به رخساره شیست سبز می‌رسد. همچنین در این منطقه چندین توده گرانیتی با سن ۱۷۰۰ میلیون سال دیده می‌شود.

۱-۹-۳-۱- کانسار آهن اوولیتی و آواری

اوولیت‌های آهنی یا سنگ آهن اوولیتی رسوباتی در دریا‌های کم عمق داخلی یا تالابها هستند (شکل ۱-۸). نام‌های متداول دیگر عبارتند از سنگ آهن مینت (در لورن، فرانسه)، کانسار آهن از نوع کلینتون (در نیویورک، ایالات متحده)، سنگ آهن تخم کتانی، آبرون استون و گاهی آیزنروژنشتاین (آلمان). در اروپای مرکزی اوولیت‌های آهن در ژوراسیک گسترش یافته‌اند و اوولیت‌های آمریکای شمالی از پالئوزوئیک سرچشمه گرفته‌اند. ضخامت آنها تا ۳۰ متر و امتدادشان تا ۱۵۰ کیلومتر مشاهده شده‌است. سنگ آهن اوولیتی یک رسوب شیمیایی معمول در تالاب‌های کم عمق است. هنگامی که آب در اثر تبخیر از کربنات اشباع می‌شود، به صورت آراگونیت یا کلسیت در اطراف هسته‌هایی از جنس ماسه ریزدانه یا خرده‌های صدف تبلور می‌یابد و این ذرات با رسیدن به وزن معینی به پایین فرومی‌روند. حرکت آب ناشی از امواج آنها را به صورت کروی درمی‌آورد. نام اوولیت به معنی "سنگ تخم ماهی" است و به صورت دانه‌های کروی تا بیضی شکل با پوشش‌های نازک متحدالمرکز در اطراف یک جسم و از کانیهای هماتیت، سیدریت، سیلیکات‌های ورقه‌ای غنی از آهن (شاموزیت) و هیدروکسیدهای آهن (لیمونیت) تشکیل شده‌اند. علاوه بر اوئیدهای گرد، اوئیدهای شکسته‌ای نیز وجود دارد که همراه با طبقه بندی مورب نشان می‌دهد که حرکت آب در تشکیل این ساختارهای رسوبی نقش داشته‌است. شکل‌گیری آنکوئیدها کمی متفاوت است. شکل آنها به طور نامنظم‌تری نسبت به اوئید است و اغلب بزرگتر هستند. آنها محصول رسوب زیستی جلبک‌ها هستند. اوولیت‌های آهن معمولاً با مناطق غنی از فسیل همراه هستند که معمولاً متاسوماتیسم آهن را نشان می‌دهند. نشانه‌هایی از دخالت دیاژنز در تشکیل این رسوبات وجود دارد که منجر به ایجاد نظریه‌های متضاد در مورد شکل‌گیری آنها شده‌است. طبق یک نظریه، جایگزینی دیاژنتیکی کربنات بوسیله کانی‌های آهن در سنگ آهن اوولیتی اتفاق افتاده‌است. با این حال، برخی از نظریه‌ها



بر همزمانی رسوبگذاری محلول‌های آهن‌دار و رسوبگذاری شیمیایی یا بیوشیمیایی بحث می‌کنند. گرچه رسوبات جدیدی از این نوع کمتر وجود دارد، پلتهای گوتیت در دلتای نیجر در عمق حدود ۱۰ متری و رسوبات سیلیکات ورقه‌ای غنی از آهن شاموزیت در اعماق بیشتر یافت شده است. از این راه می‌توان به شناخت طرز تشکیل کانسارهای اوولیتی قدیمی دست یافت. با این حال، محلول‌های آهنی لازم برای تشکیل سنگ آهن از کجا آمده است؟ پلتهای گوتیت موجود در دلتای نیجر ممکن است در توضیح این امر کمک کند. منطقی است که فرض کنیم که آب رودهایی که در مناطق آب و هوایی گرمسیری و با پوشش گیاهی جریان داشته، سرشار از اسیدهای هیومیک و مواد آلی بوده و به تالاب‌ها سرازیر شده است. آهن در این شرایط به صورت Fe^{2+} در آبهای اسیدی و باتلاقی در Eh مثبت، بصورت محلول در آب است، همچنین می‌تواند به شکل کلئیدی متصل به مواد آلی منتقل شود. مقدار pH در محل خود افزایش می‌یابد و آهن فلکوله شده و رسوب می‌کند. غنی‌شدگی اولیه در خاکهای لاتریتی نیز ممکن است نقشی ایفا کند. اهمیت اقتصادی سنگهای آهن اوولیتی امروزه به دلیل میزان پائین آهن در آن و میزان بالای عناصر نامطلوب مانند فسفر، آلومینیوم و SiO_2 کم است. با این حال، ذخایر سنگ آهن اولیتی از لحاظ تاریخی از اهمیت زیادی برخوردار بودند. این امر به ویژه در مورد ذخایر مینت در لوکزامبورگ و لورن صادق است. با برآورد ۶ میلیارد تن سنگ آهن، این یکی از دلایلی بود که این منطقه بین فرانسه و امپراتوری آلمان در قرون ۱۹ و ۲۰ مورد منازعه قرار گرفت. نام مینت ("معدن کوچک") در واقع همراه کننده است زیرا کلمه "کوچک" به عیار پایین سنگ معدن ۲۰ تا ۳۰ درصد در آن اشاره دارد. با این وجود، در سال ۱۹۱۹ منطقه لورن دومین تولید کننده سنگ آهن در جهان با تولید سالانه ۴۱ میلیون تن سنگ بود. پس از سال ۱۹۶۰، تولید تا حدودی به دلیل رقابت با سنگ آهنهای با ارزش موجود در خارج از کشور کاهش یافت. آخرین معادن در سال ۱۹۸۱ در سمت لوکزامبورگ و در ۱۹۹۷ در لورن (فرانسه) بسته شد (Neukirchen and Ries, 2019).



شکل ۱-۸- کانسنگ آهن الییتی از معدن کلینتون در آمریکا (Neukirchen and Ries, 2019).

سنگ آهن باقیمانده (residual) با سن کرتاسه در منطقه سالزگیتز در آلمان (شکل ۱-۹) که در آن گوتیت آواری در حالت جامد شسته شده است و با اوولیت‌های آهن ارتباط نزدیکی دارد، قبلاً مهمترین کانسار سنگ آهن آلمان بوده است. تجمعات بالایی از کانسنگ اوولیتی و آواری در منطقه سالزگیتز در پیش بوم مزوزوئیک از کوه‌های هرتز پالئوزوئیک در شمال آلمان رخ داده است. چندین افق چینه‌شناسی در رسوبات سکوی دریایی مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. معدنکاری در سال ۱۹۷۶ به دلیل عیار پایین سنگ معدنی و در نتیجه هزینه‌های بالاتر در مقایسه با کنسانتره‌های خارج از کشور متوقف شد. به طور کلی، ۳۴۰ میلیون تن سنگ آهن از این منطقه تولید شده است. منابع احتمالی باقی‌مانده ۴۰۰۰ تن تخمین زده می‌شود. میانگین ترکیب سنگ معدن ۲۹٪ آهن، ۲۶٪ SiO_2 ، ۵٪ CaO ، ۰/۱٪ منگنز و ۴/۰٪ فسفر بود. (Neukirchen and Ries, 2019).



شکل ۱-۹- کانسار باقیمانده با سن کرتاسه بالایی در منطقه پین در آلمان (Neukirchen and Ries, 2019).

۱-۳-۱- کانسارهای آهن هماتیتی عیار بالای مرتبط با نوع سوپریور سازندهای آهن نواری

به طور کلی، تصور می‌شود که کانسنگهای گوتیت-مارتیتی اساساً ناشی از دگرسانی سوپرژن سازندهای آهن نواری باشند، در حالی که مطالعات میکروسکوپی کانسنگ هماتیت متخلخل عیار بالا، نشان دهنده دگرگونی در سازندهای آهن نواری است که قبلاً در آن غنی‌شدگی سوپرژن صورت گرفته است. اخیراً مشخص شد که توده‌های عمیق هیدروترمالی مگنتیت، هماتیت و سیدریت، متعاقباً تحت لیچینگ و یا اکسیداسیون سوپرژن قرار گرفته‌اند. چندین مرحله دگرسانی هیدروترمال تشخیص داده شده که با شوره غنی از NaCl-CaCl_2 شروع می‌شود و با لیچینگ سنگ‌های کربناته و آپاتیت در محدوده دگرسانی سوپرژن ادامه می‌یابد و ایزوتوپهای اکسیژن این مدل را تأیید می‌کند. سیالات از نوع سیالات دگرگونی و مربوط به ۲۰۰۰ میلیون سال پیش یعنی دوره کشش قاره‌ای است. در مدل‌های گرمایی، هماتیت می‌تواند از مگنتیت با لیچینگ هیدروترمال Fe (II) و سیلیس، بدون نیاز به اکسیژن اضافی تشکیل شود.



کانسارهای هماتیت با عیار بالا به ذخیره ۳۰۰۰ میلیون تن اکسید آهن تقریباً خالص (کاراکاس، برزیل) می‌رسد که بزرگترین تمرکز فلزات شناخته شده روی زمین است. با این حال، توجه داشته باشید که ژنز کانسار کاراکاس به طور کامل تشخیص داده نشده است. (Walter, 2011).

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کشور

معدنی

اكتشافات

فصل دوم

آهن در ایران

سازمان زمین

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۲-۱- مقدمه

در زمین‌شناسی ایران، این باور وجود دارد که سرزمین ایران در بخش میانی کوهزاد آلپ- هیمالیا است، که از باختر اروپا آغاز و پس از گذر از ترکیه، ایران، افغانستان تا تبت و شاید تا نزدیکی‌های برمه و اندونزی ادامه دارد. در زمان پرکامبرین (پیش از ۶۵۰ میلیون سال قبل)، نواحی البرز، ایران مرکزی، سنندج- سیرجان و زاگرس در حاشیه شمالی قاره گندوانا قرار داشته‌اند و به وسیله اقیانوس تتیس (اقیانوس پرکامبرین) از پهنه کپه‌داغ و به تبع آن از قاره اوراسیا جدا بوده‌اند. آمیزه‌های کافتی با سرشت قلیایی به همراه نهشته‌های تبخیری نظیر واحدهای سنگ‌چینه‌ای سری ریزو، سری دسو و سری راور در ایران مرکزی (کرمان) و یا مجموعه هرمز در جنوب خاوری زاگرس شواهدی هستند مبنی بر واگرایی دو قاره اوراسیا و گندوانا در زمان پرکامبرین پسین - کامبرین پیشین (۶۵۰ تا ۴۰۰ میلیون سال) که حاصل آن فروافتادگی‌هایی در ایران مرکزی، سنندج - سیرجان و زاگرس مرتفع بوده است. در چرخه رخداد هرسی‌نین (۴۰۰ تا ۲۷۰ میلیون سال)، حرکت دو قاره اوراسیا و گندوانا همگرا بوده و در نتیجه فرايوم‌هایی در ایران مرکزی، سنندج- سیرجان و زاگرس پدیدار شده‌اند که یکی از پیامدهای آن کاهش پهنای تتیس کهن (اقیانوس هرسی‌نین) و آغازی بر بسته شدن این محیط آبی بوده است. از اوایل پرمین تا میانه تریاس (۲۷۰ تا ۲۲۰ میلیون سال)، ضمن ادامه فرورانش و کاهش گستره تتیس کهن، در محل تقریبی راندگی اصلی زاگرس، اشتقاق دیگری شکل گرفته که نام تتیس جوان دارد و بربریان برای آن نام اقیانوس آلپی زاگرس را برگزیده است. در نتیجه این اشتقاق، صفحه ایران از صفحه زاگرس- عربستان جدا شده و هم‌زمان با گسترش بستر تتیس جوان، صفحه ایران به سمت شمال حرکت کرده است. در تریاس پسین (۲۱۰ میلیون سال)، در اثر به هم پیوستن دو صفحه ایران و توران، تتیس کهن به طور کامل بسته شده است و صفحه ایران که تا این زمان ویژگی‌های گندوانایی داشته از این زمان سرشت اوراسیایی پیدا کرده است. از اوایل ژوراسیک تا آشکوب سنونین (۱۹۵ تا ۹۰ میلیون سال) تتیس جوان، در اثر عمل فرورانش در دو محل بسته شده ولی، بخش محوری آن گسترش یافته است. در ضمن، جدایش‌های نوع تتیس جوان در ایران مرکزی، خاور ایران، جنوب خاوری ایران (مکران) و به احتمال خزر جنوبی شکل گرفته‌اند، به اشتقاق‌های هم خانواده تتیس جوان نام نئوتتیس داده شده است.

در کرتاسه پسین تا میانه پالئوسن (۸۵ تا ۶۰ میلیون سال)، بخشی از پوسته اقیانوسی بر روی صفحه زاگرس - عربستان فرارانش کرده‌اند. ولی در ایران مرکزی با بسته شدن جدایش‌های نوع تتیس جوان (نئوتتیس) آمیزه‌های رنگین دور کوچک قاره ایران مرکزی به وجود آمده است. در زمان نئوژن (۵۵ تا ۲۰ میلیون سال)، هم زمان با شکل‌گیری دریای سرخ، اقیانوس تتیس جوان به سرانجام خود نزدیک شده است. از زمان آلپ

پایانی (۵ میلیون سال) تا به حال، در اثر گسترش دریای سرخ، با به هم رسیدن کامل بلندی‌های زاگرس به زون سندج- سیرجان اقیانوس آلپی زاگرس به طور کامل بسته شده است (آقانباتی، ۱۳۸۳).

توزیع مکانی- زمانی منابع معدنی از حرکات کوهزایی پوسته زمین حاصل شده و در دوره‌های زمین ساختی- ماگمایی تاریخ زمین، در مناطق تکتونو ماگمایی مشخص پوسته زمین رخ داده است. تکامل قلمرو تتیس، حاکم بر تکامل زمین شناسی کل منطقه، باعث تجزیه ایران به بلوک‌های مختلف قاره‌ای شد. این بلوک‌ها توسط مناطق درز پیچیده‌ای از یکدیگر جدا شده‌اند.

با توجه به اینکه در منابع موجود و مقالات جمع آوری شده، گاهی کانسارهای آهن با ژنز یکسان با عناوین متفاوتی آورده است؛ جهت یکسان‌سازی عنوان تیپ‌های زایشی، در جدول ۲-۱ انواع ژنز کانسارهای شناخته شده آهن تحت عنوان "زیرگروه" در ۵ دسته اصلی تحت عنوان "گروه" طبقه بندی شده‌اند. کانسارهای آهن در ایران طی چندین فاز متالورژی در زمانهای نئوپروتروزوییک- کامبرین آغازین، کامبرین آغازین- اردوویسین پایانی، پالئوزوییک پایانی- مزوزوییک و سنوزوییک تشکیل شده است. بزرگ‌ترین کانسارهای آهن در نئوپروتروزوییک- کامبرین آغازین (کانسارهای عمدتاً از نوع کایرونا) و سنوزوییک (به ویژه کانسارهای اسکارن) تشکیل شده‌اند (جدول ۲-۲).

بیش از ۲۰۰ کانسار آهن با حدود ۴ میلیارد تن سنگ آهن در ایران شناخته شده است که عیار آهن در آنها از ۵۰ تا ۶۰ درصد وزنی است. مگنتیت و هماتیت مواد معدنی اصلی هستند و کانه‌های فرعی آن شامل ایلمنیت، آپاتیت، اکسیدهای منگنز (به صورت محلی) و سولفیدهای مس و کربناتها است (نباتیان، ۲۰۱۵).



جدول ۱-۲- طبقه‌بندی ژنتیکی کانسارهای آهن در ایران

گروه	زیرگروه
ژنز آتشفشانی - برون‌دیمی و رسوبی - هیدروترمال	قبرس
	نهشته‌ای اکسید آهن
	رسوبی
	ژئوترمال (چشمه آب گرم)
	آتشفشانی-رسوبی-هیدروترمال
	آتشفشانی-رسوبی
	آهن و منگنز آتشفشانی-رسوبی برون‌دیمی
	سدکس
	سولفید توده‌ای آتشفشان زاد (VMS)
	اکسید آهن-آپاتیت (IOA)
ژنز ماگمایی-هیدروترمال	اپی ترمال
	کایرونا
	اکسید آهن-مس-طلا (IOCG)
	ماگمایی
	ماگمایی-هیدروترمال
	هیدروترمال
	آتشفشانی (آتش فشان زاد)
	سیستم رگه‌ای پلی متالیک مرتبط با توده نفوذی
	دگرگونی
ژنز دگرگونی مجاورتی و اسکارن	اسکارن
	ماگمایی-دگرگونی
	متاسوماتیک
	پلاسر
ژنز خاکی-رسوبی	
ژنز دریایی-رسوبی	آهن (منگنز) چینه کران با میزبان کربناته

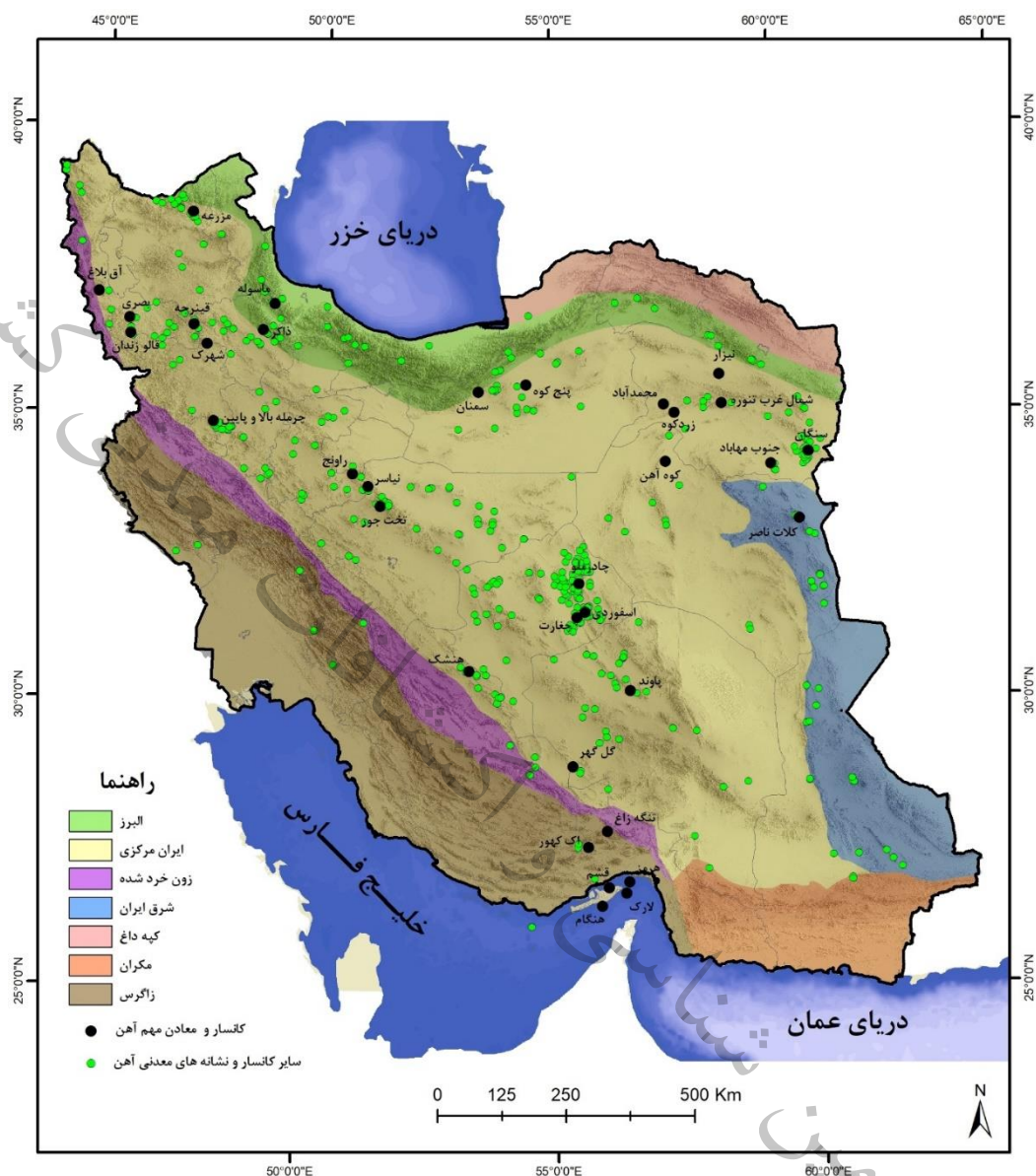
جدول ۲-۲- توزیع زمانی و مکانی کانسارهای آهن در ایران

سن	خاستگاه	موقعیت در زون ساختاری	کانسارها و آثار کانی سازی
پروتروزوئیک پسین- کامبرین	آتشفشانی-بروندمی و رسوبی- هیدروترمال	بافق-پشت بادام، زاگرس	قشم، لارک، اک کهور، تنگه زاغ، زاج پشته، ناریگان
	دگرگونی مجاورتی و اسکارن	زون افیولیتی	گل گهر، آق بلاغ، کلات ناصری
	ماگمایی-هیدروترمال	بافق-پشت بادام	چادرملو، چغارت، اسفوردی
پالئوزوئیک	آتشفشانی-بروندمی و رسوبی- هیدروترمال	بافق-پشت بادام، البرز شرقی، خزر-طالش-زیوه، زاگرس، سنندج-سیرجان	گوران، خاک سرخ مرادران، خمین، استاج
	دگرگونی مجاورتی و اسکارن	بلوک لوت، ایران مرکزی	اینچه رهری
مزوزوئیک	آتشفشانی-بروندمی و رسوبی- هیدروترمال	ایران مرکزی، البرز، سنندج- سیرجان، بافق-پشت بادام، زاگرس	ماسوله، همه کسی، چرمه بالا و پایین، چشمه اسی، نیزار
	دگرگونی مجاورتی و اسکارن	ایران مرکزی، البرز غربی، سنندج-سیرجان	مزرعه، کوه آهن، خاک سرخ ندوشن، چنارعلیا، باباعلی
	ماگمایی-هیدروترمال	طبس، سنندج-سیرجان	ده زمان، کانی شیر، تکاب
	دریایی-رسوبی	سنندج-سیرجان	گزلدر، کهک
سنوزوئیک	آتشفشانی-بروندمی و رسوبی- هیدروترمال	بافق-پشت بادام، البرز مرکزی، سنندج-سیرجان، ایران مرکزی	شهرک، نیاسر، راونج، شمال غرب تنوره
	دگرگونی مجاورتی و اسکارن	خزر-طالش-زیوه	سنگان زکلیکه، سمنان
	ماگمایی-هیدروترمال	ایران مرکزی	ذاکر، پنج کوه، کوه گبری، ورتاوه، تنورچه



۲-۲- توزیع مکانی و فازهای متالوژنی آهن در ایران

نقشه پراکندگی کانسارهای آهن در ایران نشان می‌دهد که این کانسارها غالباً در زون ایران مرکزی (بخصوص بلوک بافق- پشت بادام و کمان ارومیه- دختر)، زون سهند- سیرجان و به تعداد نسبی کمتر در البرز پراکنده شده‌اند (شکل ۲-۱). سن بسیاری از این کانسارها ناشناخته است، اما سن سنگ میزبان از نئوپروتروزوئیک- اوایل کامبرین تا سنوزوئیک متغیر است (جدول ۲-۲). براساس سن کانه‌سازی و سنگهای میزبان، پنج دوره عمده از کانه‌زایی آهن را می‌توان تشخیص داد که با رویدادهای دوره‌های مختلف زمین‌شناسی مرتبط است. این پنج دکان‌زایی آهن در اواخر پروتروزوئیک- کامبرین آغازین، کامبرین پایانی- اردوویسین پایانی، پالئوزوئیک پایانی، مزوزوئیک و سنوزوئیک تشکیل شده‌اند. بسیاری از کانسارهای بزرگ آهن (به عنوان مثال چغارت، اسفوردی، میشدوان و سه چاهون) در طی فعالیتهای ماگمایی در اواخر پروتروزوئیک- کامبرین تشکیل شده‌اند و رابطه مستقیم ژنتیکی با سنگهای رسوبی آذرین و آتشفشانی را نشان می‌دهند. در کامبرین پایانی- اردوویسین آغازین، فعالیت ماگمایی قابل توجهی کانسارهای آهن قبلی را دگرگون کرد و کانسارهای جدید آهن را تشکیل داد. چند کانسار آهن کوچک در سازندهای رسوبی پالئوزوئیک بالایی وجود دارد و برخی از آنها ویژگی‌های رسوبی مانند لایه‌بندی را نشان می‌دهند. کانسار آهن پیوه ژن با سن دونین بالایی یکی از کانه‌سازی‌های آهن موجود در سنگ‌های کربناته سازند بهرام است که منشأ رسوبی اولیه را نشان می‌دهد. ذخایر آهن پلی ژنتیک، به ویژه اسکارنها، در اواخر دوران پالئوزوئیک تا مزوزوئیک و سنوزوئیک، عمدتاً در البرز، ایران مرکزی، ارومیه دختر، شمال شرقی ایران و قسمت‌های شمالی و جنوبی زون سهند- سیرجان تشکیل شده‌اند. ماگماتیسم سنوزوئیک (پلوتونیسم و آتشفشانی) با کانسارهای آهن در این دوره در البرز، ایران مرکزی، ارومیه دختر و سهند- سیرجان تشکیل شده است. در ایران بسیاری از ذخایر سنوزوئیک آهن و مس در منطقه البرز و اسکارن آهن در مناطق سنگان، نیاسر (در ارومیه دختر) و سمنان (ایران مرکزی) یافت می‌شود. بنابراین، خرد قاره ایران مرکزی، کمان ماگمایی ارومیه- دختر، سهند- سیرجان و به طور محدودی زون البرز، میزبان عمده انواع کانسارهای آهن (مانند انواع کایرونا، انواع ولکانوسدیمتری، ماگمایی و پلاسیر) ایران هستند.



شکل ۱-۲- پراکندگی کانسارهای آهن در ایران

۱-۲-۲- کانسارهای آهن آتشفشانی-بروندی و رسوبی-هیدروترمال

کانسارهای اصلی آتشفشانی-رسوبی آهن و آهن-مگنز در زون سنندج-سیرجان و منطقه بافق واقع شده است. سازندهای آهن در ادیکارن تا پالئوزوئیک پیشین در سازندهای رسوبی رخ داده و ساختارهای رسوبی مانند نواری و لایه‌ای را نشان می‌دهد. این ذخائر بیشترین میزان ارزش را دارند زیرا دارای کمترین ناخالصی هستند (قربانی، ۱۹۹۳). آن‌ها را می‌توان به سه دسته طبقه بندی کرد:

(۱) ذخایر آهن و آهن-مگنز در قوس آتشفشان-پلوتونیک کاشمر کرمان در منطقه بافق، طی دو مرحله پی در پی توسعه یافته است. فاز اول مربوط به سازندهای ریزو و دزو است (کانسار آهن-مگنز نارینگان و بخشی



لایه‌ای از کانسار میشدوان، که دارای منگنز و عناصر نادر خاکی است) و فاز دوم مربوط به نفوذی‌های بازیک و الترابازیک است، شامل کانسارهای چادر ملو، چغارت، سه چاهون، چاه گز، میشدوان، گزستان، آنومالی شمالی و لکه‌سیاه (ذخایر آهن نوع کایرونا) می‌باشد (دلیران ۲۰۰۲؛ جامی و همکاران ۲۰۰۷؛ بنیادی و دیگران ۲۰۱۱، قربانی، ۲۰۱۳).

(۲) کانسارهای باریت آهن دار در محور سلطانیه مهاباد، مربوط به سازند سلطانیه و سنگ‌های آتشفشانی قره داش در شرق مناطق ماهنشان و شاهین دژ. کانسارهای میرجان، قالیچه بلاغ، چهارطاق، بالستان، آق بلاغ و حلب- دندی کانسارهای اصلی در این منطقه هستند (قربانی، ۲۰۱۳).

(۳) ذخایر آهن در منطقه بندرعباس، مربوط به سنگهای آتشفشانی در سازند هرمز. ذخائر مهم شامل آک کهور، تنگه زاغ، هرمز، لارک، کوران و قشم هستند (قربانی، ۲۰۱۳). گرچه میزبانی این کانسارها با سنگهای کربناتی جوان مثل، سازند ساچون، سروک و آسماری این نظریه را پریش‌آمیز می‌نماید.

زون زاگرس

پروتروزوئیک - کامبرین آغازین

کانسارهای آهن رسوبی - آتشفشانی اغلب در جنوب زون زاگرس با واحدهای سنگی سری هرمز همراه هستند. در جنوب خاوری زاگرس، به ویژه در حد فاصل میان گسل کازرون در باختر و گسل میناب در خاور (حوضه فارس)، سنگ‌های پرکامبرین پسین رخساره کولابی - تبخیری دارند. بر اساس شواهد موجود به نظر می‌رسد که در پی فازهای کششی رخداد کوهزایی کاتانگایی در نیمه جنوب خاوری زاگرس، حوضه تبخیر تشکیل شده و رسوبات کولابی به همراه روانه‌های آذرین مربوط به فاز گرانیتهایی در آن انباشته شده است. در حال حاضر، رسوبات تبخیری و سنگهای ماگمایی این حوضه در حدود ۱۱۵ گنبد نمکی بروزند دارد. جزیره هرمز یکی از این گنبدهای نمکی است و به همین دلیل، به این واحد سنگ چینه‌ای "سری هرمز" نام داده شده است. ترکیب سنگی سری هرمز شامل سنگ نمک (به رنگهای گوناگون) انیدریت، ژیپس، سنگ‌آهک سیاه‌رنگ، دولومیت چرتی، ماسه‌سنگ سرخ، شیل رنگارنگ، سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی، کانی‌های آهن و آپاتیت دار است (آقابات، ۱۳۸۳).

کانسارهای عمده آهن در این منطقه شامل کانسارهای آهن فارس، تنگه زاغ، اک کهور، فارور، قشم، هنگام، رضوان، هرمز و لارک می‌باشد.

در محدوده بندرعباس چند کانسنگ آهن (هماتیت) یافت می‌شود که پیرامون گنبد‌های نمکی قرار دارند، کانسارهای آهن آردان، تشکن، کوران، تنگه زاغ، هرمز و لارک از این نوع می‌باشند. در مورد نحوه پیدایش این کانسارها چند فرضیه وجود دارد:

- پیدایش کانسارهای یاد شده به علت ساخت لایه‌ای و بافت می‌تواند نشانه رسوبی بودن آنها باشد.
- گنبد نمکی در حین بالا آمدن کانسارهای آهن را همراه با سایر مواد از ژرفای زمین با خود به سطح زمین آورده است.
- این کانسارهای آهن حاصل از فاز ماگمایی آلی هستند.

کانسار آهن آک کهور در بخش فین، روستای مارم استان هرمزگان در کمربند زاگرس واقع شده است. این کانسار بخشی از بالاآمدگی حاصل از گنبد نمکی را در برمی‌گیرد که سنگ آهن آن بیشتر از نوع هماتیت است و در بعضی نقاط به مقدار کمتر مگنتیت نیز مشاهده می‌شود. میزان ذخیره این کانسار ۷ میلیون تن برآورد شده است. بر اساس مطالعات زمین‌شناسی، شواهدی از کانی‌سازی آهن در رابطه با تکامل پالئوتتیس وجود دارد، مانند کانسار پیوه ژن در شمال شرقی البرز (کوه‌های بینالود) (نباتیان، ۲۰۱۵).

کانسار آهن تنگه زاغ در ۱۱۷ کیلومتری شمال شرق بندرعباس در تقادیس با همین نام واقع گردیده است. این منطقه از نظر تقسیمات زمین‌شناسی در زون زاگرس چین‌خورده قرار گرفته است و کانسار آهن به صورت اکسیدهای آهن (اکثراً هماتیت) در داخل گنبد نمکی و یا در شکستگی‌ها و دیگر سطوح بین لایه‌ای سازنده‌های جوانتر که اغلب به دوران سوم تعلق دارند مشاهده می‌گردد. کانی‌شناسی کانسار ساده و کانه غالب آن هماتیت است. کانسار آهن تنگ زاغ در اثر پدیده رسوبی و جانشینی و بدون هیچ اثری از اسکارن‌زایی ایجاد شده است و اثری از کانی‌های معمول اسکارن در ماده معدنی و یا در حاشیه توده‌های آذرین مشاهده نمی‌شود و ظهور کانی‌ناترولیت در منطقه تنگ زاغ (منطقه مورد مطالعه حاکی از هجوم محلول‌های ثانویه و داغ اشباع از سدیم و آلومینیوم بر روی سنگ‌های قبلی می‌باشد. همچنین وجود همبری ناگهانی، شکل عدسی تا لایه‌ای کانسار، نفوذ آهن در سازنده‌های جدیدتر و تفاوت ترکیب شیمیایی کانسار با سنگ آذرین، نشان دهنده تشکیل کانسار تنگ زاغ از یک محلول غنی از آهن است (توکلی و همکاران، ۱۳۹۳).

معدن سنگ آهن فارس در استان فارس، در ۸۵ کیلومتری جاده لار- بندرعباس و در فاصله ۸ کیلومتری شمال شرق آبادی کوران قرار دارد. محدوده معدن سنگ آهن فارس جزئی از زون ساختاری زاگرس چین‌خورده می‌باشد. واحدهای سنگی رخنمون یافته در این منطقه شامل سری هرمز، واحد سنگ آهک رودیست دار (سازند سروک)، تناوب سنگ‌های آهکی با مارن (سازند تاربور)، سازند تبخیری ساچون، سازند آسماری، سازند جهرم، سازند گچساران، سازند میشان، واحدهای کنگلومرایی و رسوبات کواترنری عهد حاضر می‌باشد.



تاق‌دیس هرمدان که معدن سنگ آهن فارس در قسمت میانی آن قرار گرفته است در رابطه با گنبد‌های نمکی سری هرمز است. یعنی مکانیسم اصلی تشکیل این تاق‌دیس حرکت رو به بالای نمک‌های سری هرمز و سایر رسوبات و سنگ‌های همراه با آن می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که کانی‌سازی آهن در واحدهایی صورت گرفته است که دارای روندی مشابه سایر واحدهای سنگی موجود در منطقه است. کانی‌های عمده آهنی مشاهده شده در محدوده شامل هماتیت، لیمونیت، الیژیست است. آثار کانی‌مگنتیت بسیار محدود است. در بخش میانی زون ساختاری زاگرس کانسار خاک سرخ مردان با سنگ میزان شیل و سنگ آهک با میان لایه دولومیت مارنی دیده می‌شود.

زیرزون بیستون

کانسارهای آهن رسوبی-آتشفشانی در زیر زون بیستون در جنوب پهنه زاگرس شامل اندیس چشمه سرخ ۲ در بخش جنوبی زیر زون در نزدیکی شهرستان صفاشهر استان فارس و کانسار فریدون شهر در بخش میانی زیر زون بیستون است. اندیس چشمه سرخ ۲ به سن کرتاسه و کانسار فریدون شهر به سن ژوراسیک در منطقه‌ای پوشیده از سنگ‌های متادولومیت، سنگ آهک با میان لایه ماسه سنگ و سیلت سنگ واقع شده‌اند.

زون سنندج-سیرجان

پروتروزوئیک - کامبرین آغازین

کانسارهای آهن آتشفشانی-بروتدمی اغلب در بخش شمالی زون سنندج-سیرجان متمرکز شده‌اند و شامل کانسارهای چهارطاق، احمدآباد، بالستان، قادرآباد، قره‌بلاغ و بیچاقچی است که سنگ میزبان آن‌ها عمدتاً شامل شیل، اسلیت، دولومیت، ریولیت، ریوداسیت و متاولکانیک مربوط به سازندهای سلطانیه و کهر است. سنگ آهن بالستان در فاصله ۵۵ کیلومتری جنوب شرق شهرستان ارومیه، استان آذربایجان غربی (شمال غرب ایران) واقع می‌باشد. با توجه به مشاهدات صحرایی، شیبست‌های پرکامبرین میزبان اصلی این ذخیره معدنی هستند. مطالعات کانی‌شناسی نشان می‌دهند که این ذخیره از یک کانی‌شناسی نسبتاً ساده‌ای برخوردار بوده و مشتمل بر کانیهای مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، و کوارتز در مقادیر کانسنگ ساز است. نتایج آنالیزهای شیمیایی آشکار می‌کنند که مقادیر میانگین LREEs و HREEs در کانسنگ‌های آهن به ترتیب $13/30$ و $22/4$ گرم در تن می‌باشند. الگوی توزیع REE‌های نورمالیزه شده به ترکیب کندریت دلالت بر تفریق و غنی‌شدگی ضعیف HREE‌ها نسبت به LREE‌ها و رخداد آنومالی‌های منفی Eu در طی تکوین برخی از کانسنگ‌های آهن مورد مطالعه دارد. سیماهای یاد شده نشان می‌دهند که سیالات مسئول کانه‌زایی آهن دارای

فوغاسیته بالای اکسیژن بوده و در محدوده دمایی کمتر از ۲۵۰ درجه سانتیگراد شرایط نهشت آهن را در محیط فراهم نموده‌اند. وجود آنومالی‌های منفی Ce در کانسنگهای آهن مبین بالا بودن محتوای فلئور در سیالات کانسنگ ساز و کمپلکس شدن $Ce(+4)$ با لیگندهای فلئوریدی می‌باشد (براتی لک و همکاران، ۱۳۹۲).

ذخیره سنگ آهن/حمد آباد در ۲۰ کیلومتری شرق بوکان، جنوب استان آذربایجان غربی واقع است. یک لایه آهن با ضخامت ۵ متر بین سنگ‌های ریولیتی (معادل سازند قره داش) موسوم به ریولیت‌های مهاباد کانی سازی شده است. ماده معدنی به صورت هم شیب با امتداد NE-SW و با شیب ۴۵ درجه در بین این سنگ‌ها قرار گرفته است. بر اساس بررسی‌های سنگ نگاری، این کانسار حاوی بافت‌های لایه‌ای، هم رشدی، جریانی، رگچه‌ای، کلوفرمی، رشته‌ای، خودشکل، پورفیروبلاست (چشمی) و خردشده بوده و از یک منشأ بر جا برخوردار است. یافته‌های کانی‌شناسی نشان می‌دهند این نهشته‌ها شامل کانی‌های هماتیت (با سه نسل)، پیریت، گوتیت، لیمونیت، کوارتز، باریت، مسکوویت، کانی‌های رسی، ارتوکلاز، آلبیت و کلسیت هستند. کانه نگاری ذخیره مورد بررسی حاکی از آن است که کانی سازی در دو مرحله اولیه و ثانویه تشکیل شده است: مرحله اولیه شامل کانی سازی هماتیت و مرحله ثانویه شامل فرایند غنی‌سازی سوپرژن و تشکیل کانی‌های لیمونیت و گوتیت است که گسترش محدود دارد. با توجه به آنالیزهای XRD کانی اصلی در این کانسار هماتیت می‌باشد (لطفی، ۱۳۹۴).

کانسار قادر آباد در ناحیه خلیفان (جنوب شرق مهاباد) به صورت هم شیب در بین سنگ‌های ریولیتی (معادل سازند کهر) تشکیل شده است. سازند کهر شامل شیل‌های اسلیتی، شیل‌های ماسه دار، فیلیت و ماسه‌های کوارتزیتی است اما در منطقه مهاباد این سازند ویژگی‌های توفی و آتشفشانی دارد، لذا می‌توان آنچه را که در منطقه مهاباد هم ارز سازند کهر در نظر گرفته می‌شود، از نظر سنی قابل مقایسه با سازند کهر دانست ولی از نظر رخساره‌ای با آن تفاوت دارد (قربانی، ۱۳۸۶). این منطقه در طی تحولات زمین‌شناسی و تکامل پوسته رخدادهای مهمی را پشت سر گذاشته است. بررسی‌ها حاکی از آن است که منطقه مورد مطالعه در یک زون برشی شکل‌پذیر واقع شده است. مجموعه سنگ‌های منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر پهنه‌های برشی شکل‌پذیر دگرشکل شده و فابریک میلونیتی به خود گرفته است. پیدایش پهنه‌های برشی شکل‌پذیر و میلونیتی شدن مجموعه آهن دار نقش بسزایی در تمرکز ماده معدنی داشته است. پهنه‌های برشی را می‌بایست به عنوان یکی از عوامل کنترل کننده تشکیل و تمرکز ذخایر در نظر گرفت (قادری و همکاران، ۱۳۹۲).

کانسار قره بلاغ در ۴۵ کیلومتری همدان و در ۲۵ کیلومتری شمال غرب اسدآباد قرار دارد. این کانسار در قسمت شمالی زون سنندج-سیرجان و در مجاورت کانسارهای آهن مانند تیکه، گلالی، بابا علی، چناربالا واقع



شده و بخشی از کمربند فلززایی آهن زون سنندج- سیرجان موسوم به کمربند فلززایی همدان- اصفهان- سیرجان را تشکیل می‌دهد. سنگ میزبان کانسار را مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی تریاس- ژوراسیک دگرگون شده مانند کلریت شیست، فیلیت، مرمرها، ماسه سنگ، آمفیبولیت تشکیل می‌دهند. ماده معدنی در این کانسار به صورت چندین عدسی کوچک و بزرگ متعدد و پراکنده و همچنین رگه‌هایی به موازات گسل‌های شمالی- جنوبی منطقه رخنمون یافته است. کانسنگ در درون سنگ آهک‌های بلورین قرار گرفته است. کمربالای ذخیره را آهک‌های نخودی رنگ و کمر پایین آن را سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی دگرگون شده تشکیل می‌دهند. واحد سنگ آهک نخودی دارای رنگ سفید تا قهوه‌ای پوده و از کلسیت‌های دانه بلوری تشکیل شده‌اند. با توجه به شواهد صحرایی مختلف کانی‌زایی در کانسار قره بلاغ در چند شکل متفاوت دیده می‌شود که شامل تیپ‌کانی‌زایی تیپ رسوبی- برون‌دمی اولیه، کانی‌زایی تیپ اسکارنی (متاسوماتیسم) و کانی‌زایی تیپ هم‌روند با برگوارگی است. براساس مطالعات سنگ‌نگاری سنگ میزبان کانسار شامل اکتینولیت شیست، میکاشیست، مرمر است که تحت تأثیر سیالات گرمایی دگرسان شده است. مطالعات کانه‌نگاری نشان می‌دهد که کانه اصلی در کانسار قره بلاغ مگنتیت می‌باشد که با کانه‌های هماتیت، پیریت همراهی می‌شود. مراحل تکوین کانه‌زایی را در کانسار قره بلاغ را به ترتیب به سه مرحله اصلی شامل: (۱) فعالیت آتشفشانی برون‌دمی و کانی‌زایی رسوبی اولیه، ۲- جایگیری توده نفوذی و تشکیل اسکارن و کانی‌زایی تیپ برشی و ۳- فاز سوپرژن تقسیم کرد (ترابی نظر، ۱۳۹۶).

مزوزوئیک

تعداد متعددی کانسار آهن با ژنز آتشفشانی- رسوبی در زون سنندج- سیرجان شناخته شده‌اند که در محدوده سنی مزوزوئیک قرار می‌گیرند که از جمله می‌توان به کانسارهای چشمه اسی، همه کسی، گلالی، صفو، راه و شمس آباد اشاره کرد.

کانسار آهن همه کسی که تنها رویداد فلزی شناخته شده در کوه آلماقولاق می‌باشد در دامنه شمالی این کوه واقع شده است. مطالعات گذشته به واسطه وجود دگرسانی اپیدوتی شدن و همراهی کانیهای سولفیدی و اکسیدی ژنز این کانسار را اسکارنی معرفی می‌کند، در مطالعات جدید به واسطه شرایط میکروسکوپی نظیر جدایش دو عنصر آهن و منگنز و بافت‌های موزاییکی موجود در کانسار و شرایط ماکروسکوپی مانند شکل توده و وضعیت دیواره‌ها و زون‌های دگرسانی ژنز کانسار هیدروترمال (مزوترمال) تشخیص داده شده است (براتی، ۱۳۸۰).

کانسار آهن گلالی در شمال باختری همدان و در زون ساختاری سنندج- سیرجان واقع شده است. کانی سازی در میان سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی سری سنقر به سن پرموتریاس رخ داده است. مشاهدات صحرایی، مطالعه ژئومتری، ساخت و بافت و پاراژنز کانه‌ها و کانی‌ها حاکی از آن است که ماده معدنی در ۴ مرحله تشکیل شده است: ۱- کانی سازی آهن ولکانیک- رسوبی اولیه ۲- کانی سازی آهن ضمن دگرگونی ناحیه‌ای و شکل گیری پهنه‌های برشی شکل پذیر ۳- کانی سازی آهن در زون‌های اسکارن ۴- کانی سازی آهن در مرحله هیدروترمال تأخیری همراه با بالا آمدگی و رخنمون در سطح زمین (رستمی پایدار و همکاران، ۱۳۸۹).

کانسار آهن- سرب آهنگران با سنگ میزبان سیلت سنگ توفی به سن کرتاسه زیرین در بخش شمالی کمربند ملایر- اصفهان واقع شده است. از نظر شکل هندسی، کانه زایی به دو صورت رگه- رگچه ای و چینه‌سان در بخش فوقانی واحد تخریبی قاعده کرتاسه زیرین رخ داده است. این کانسار در اثر فزایندهای هوازدگی دچار اکسیداسیون شدید شده و کلاhek آهنی وسیعی را تشکیل داده است. بر اساس مطالعات کانی شناسی، ساختی و بافتی، کانه‌زایی طی سه مرحله اولیه، اصلی و تأخیری رخ داده است. با توجه به نتایج مطالعات صورت گرفته، بر اساس محیط زمین ساختی کششی، وجود سنگ میزبان سیلتستون توفی سیدریتی شده، شکل کانسار و رخداد انواع کانسنگ‌های سولفیدی- اکسیدی و ساخت و بافت، کانسار آهنگران نوعی ذخیره جانشینی زیر کف دریا است که ویژگی‌های کانه‌زایی آن بیشترین شباهت را با برخی ذخایر نوع سدکس دارد (اکبری و همکاران، ۱۳۹۷).

کانسار آهن منگن‌دار شمس آباد در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان اراک، در زون سنندج- سیرجان قرار دارد. ماده معدنی به شکل عدسی و به صورت استراتاباند در سنگ آهک‌های ستبر لایه تا توده‌ای اوریتولین دار به سن کرتاسه زیرین رخ داده است. کانی‌های اصلی کانسنگ شامل هماتیت، لیمونیت، گوتیت و پیرولوسیت است. کانی هماتیت نسبت به دیگر کانی‌ها فزونی دارد. بافت گل کلمی و لامیناسیون در کانسنگ شواهدی بر منشأ آتشفشانی- رسوبی کانسار و رسوب گذاری در یک محیط دریایی است. حضور کانی تودوروکیت به صورت اولیه نشانه‌ای بر وجود کانه زایی متأثر از سیال گرمایی می‌باشد (مربوطی و همکاران، ۱۴۰۰).

سنوزوئیک

از مهم‌ترین کانسار آهن آتشفشانی- برون‌دیمی در محدوده سنی سنوزوئیک می‌توان کانسار آهن شهرک را نام برد. سایر منابع آهن شناخته شده در این زون عبارتند از امیرآباد، چاه زارع، آب پونه، چشمه سرخ، شواز، کوه سفید، محمدآباد و میمه به سن الیگومیوسن- هولوسن که سنگ شناسی کلی معادن و کانسارهای ذکر شده



شامل آبرفت‌های جوان، تراس رودخانه‌ای، رسوبات دشت، رسوبات سخت نشده عهدحاضر و همچنین سنگ‌های ولکانیکی و سنگ آهک و توف می‌باشد.

معدن سنگ آهن شهرک در شمال خاور استان کردستان و ۳۵ کیلومتری حسن آباد یاسوکند واقع است. محدوده معادن شهرک ۹ ذخیره را با روند شمالی- جنوبی شامل می‌شود: شهرک ۱، شهرک ۲، شهرک ۳، کورکوره ۱، کورکوره ۲، چشمه، سراب ۱، سراب ۲ و گلزار. سنگ‌های این منطقه بیشتر از دگرگونه‌های اسلیتی- فیلیتی و واحدهای سازند قم شامل مارن و سنگ آهک به همراه سنگ‌های آذرین و مارن‌های پلیوسن تشکیل شده است. کانی اصلی تشکیل‌دهنده سنگ آهن شهرک مگنتیت می‌باشد. در بخش‌های سطحی، تبدیل به هماتیت، لیمونیت و گوتیت شده است و در بخشهای تحتانی به همراه مگنتیت کانی‌های پیریت، مارکازیت و پیروتیت نیز وجود دارد. عیار کانسنگ در ناحیه شهرک از سطح به عمق کاهش پیدا می‌کند و مقدار عناصر مزاحم مثل فسفر، گوگرد در آن خیلی کم می‌باشد. ضخامت کانسنگ از حدود ۱ متر تا ۴۰ متر متغیر و ضخامت متوسط آن ۱۵ متر می‌باشد.

کانسار محمدآباد به لحاظ زون‌های ساختاری ایران در مرز زون ایران مرکزی با سندج- سیرجان قرار گرفته است. سنگ‌های رسوبی تخریبی ریز دانه و ولکانیکی متعلق به ائوسن و نهشته‌های آبرفتی و واریزهای کواترنری در این منطقه دیده می‌شود. کانه‌زایی در دو بخش شمالی و جنوبی روی داده است. در بخش شمالی کانسنگ که عمدتاً اولیژیست می‌باشد، به صورت میان لایه همراه با واحدهای شیلی ائوسن دیده می‌شود، اما در بخش جنوبی کانه‌زایی پلی متال بوده (آهن، مس، باریت)، همراه با سنگ‌های آذرآواری در منطقه دیده می‌شود. کانه‌زایی شامل کانی‌های هماتیت (اولیژیست) به عنوان کانی اصلی و در بخش‌های کم عمق و سطحی‌تر گوتیت و لیمونیت می‌باشد. سنگ میزبان کانسار سنگ آهک و متاتوف می‌باشد. هماتیت به صورت دانه‌ای، تیغه‌ای، رگچه‌ای و گاهاً به صورت پرکننده درز و شکاف و شکستگی‌های این سنگ مشاهده شده است. نسبت‌های عناصر اصلی، کمیاب و نادر خاکی نمونه‌های کانسنگ هماتیتی نشان می‌دهد که کانسار آهن محمدآباد دلیجان در محدوده کانسارهای هیدروترمال، نواری و ولکانو سدیمنت قرار دارد و در یک محیط دریایی کم عمق تا عمیق رسوب کرده است (زینلی و اسکندری، ۱۳۹۴).

زون افیولیتی

کانسار آسمالون به سن کواترنری و سنگ میزبان سنگ آهک و کانسار جلالی به سن کرتاسه در زون افیولیتی با سنگ‌های کربناته و افیولیتی همراه هستند. کانسار آهن آسمالون در حد بین دو زون ایران مرکزی و کمربند

دگرگونی سنندج سیرجان قرار دارد. از نظر زمین شناسی محدوده کانی سازی در ارتباط با کمربند افیولیتی (آمیزه‌های رنگی) ایران مرکزی قرار دارد (محمدی، ۱۳۸۹).

علاوه بر این اندیس سلیمانی به سن کرتاسه پیشین و سنگ میزبان دیوریت، مونزونیت و سینیت در نزدیکی شهرستان کهنوج و اندیس زورآباد به سن پالئوسن- ائوسن و همراهی شیل با میان لایه‌های ماسه سنگ در ۴ کیلومتری شمال غرب روستای زورآباد آذربایجان غربی دارای ژنز آتشفشانی- برودمی هستند که در زون افیولیتی قرار گرفته‌اند.

زون البرز مرکزی

اندیس‌های کوه هراز به سن پالئوژن، علم کوه به سن پالئوزوئیک پسین- ژوراسیک و بلده به سن تریاس پسین از این نوع سنگ آهن در پهنه ساختاری البرز مرکزی با سنگ میزبان شل، ماسه سنگ، سنگ آهک شناخته شده‌اند.

زون البرز شرقی

کانسنگ‌های آهن شامل پیوه ژن، غارکهنه، چارسوی پیوه ژن و استاج در بخش شرقی زون البرز شرقی و کانسار طبر در بخش میانی زون عمدتاً در سنگهای کربناتی دونین (حدود ۸۰ کیلومتری جنوب غرب مشهد) قرار گرفته‌اند. کربنات‌های دونین شامل سنگ آهک‌های ماسه-ای و ماسه سنگ آهکی، دولومیت و سنگ آهک می‌باشند. کانسنگ‌های آهن به فرم‌های عدسی، توده‌ای، رگه و رگچه‌ای درون زون‌های گسله تشکیل شده‌اند. کانی‌های اصلی ایک شامل گوتیت و هماتیت، مگنتیت و پیریت بوده که توسط مقادیر کمتری پیروتیت و پیرولولزیت همراهی می‌شوند. این کانیها بافت های اسکلتال، بوتریئیدال، سودومورف و جانشینی نشان می‌دهند. کلسیت گرمابی به صورت رگه‌ای و پرکننده حفرات، مهم‌ترین کانی باطله می‌باشد. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی این کانسنگ‌ها با تمرکز نسبتاً پایین عناصر مس، سرب، روی، نقره و آنتیموان و مقادیر بالای آهن (۷۶ درصد آهن) و منگنز (۱,۷ درصد منگنز) مشخص می‌شوند (طهرانی، ۱۳۹۶).

علاوه بر این، کانسار سنگ شاهین به سن ائوسن میانی و سنگ میزبان بازالت های آندزیتی و کانسار بلاغی در غرب زون البرز شرقی به سن میوسن- پلیوسن و سنگ میزبان مارن، سیلت سنگ و ماسه سنگ از دیگر کان سنگ‌های شناخته شده در این زون هستند.



زیرزون خزر-طالش-زیوه

از مهم‌ترین کان سنگ‌های زیرزون خزر-طالش-زیوه می‌توان به کانسار ماسوله و اندیس گوران اشاره کرد که حدوداً ۳ و ۸ کیلومتری غرب شهر ماسوله واقع شده‌اند. سن کانسار ماسوله پالئوزوئیک پسین-تریاس پیشین و سنگ میزبان کانه آهن سنگ‌های ولکانیک-رسوبی است. اندیس گوران به سن پرمین بوده و سنگ میزبان آن ماسه سنگ و شیل است.

زون ایران مرکزی

نئوپروتروزوئیک-کامبرین

اکثر کانسارهای با ژنز رسوبی-آتشفشانی در اواخر پروتروزوئیک-کامبرین آغازین در محدوده شمال غرب زون ایران مرکزی در منطقه زنجان و در شمال زون سنندج-سیرجان قرار دارند. در این محدوده کانسارهای گل جوک، کاوند، شمال غرب ارجین، جنوب غرب ارجین، شاه بلاغ، قالیچه بلاغ و میرجان قرار دارند که اغلب به سن پرکامبرین تا پرکامبرین پسین بوده و با سازند بایندور، سلطانیه و کهر همراهند. سنگ میزبان این کانسارها دولومیت، شیل، ماسه سنگ، فیلیت و شیست است.

در شمال شرق زون ایران مرکزی کانسار آهن پشته واقع شده است. سازند پشته با ترکیب سنگهای رسوبی دگرگون شده و سنگهای ولکانیکی میزبان این کانسار است.

منطقه معدنی کاوند در حدود ۳۰ کیلومتری جنوب باختر زنجان و در حدود ۳۰ کیلومتری آن واقع است و به طول‌های جغرافیایی $48^{\circ}04'04''$ تا $48^{\circ}11'02''$ شرقی و عرض‌های $36^{\circ}37'12''$ تا $36^{\circ}40'24''$ شرقی محدود می‌باشد. در این منطقه شیل و ماسه سنگ اسیلیتی سبز-خاکستری سازند کهر، دولومیت و شیل سازند سلطانیه، شیل، ماسه سنگ و دولومیت سازند باروت، گرانیت پرکامبرین، توده و دایک‌های گابرویدیوریتی و دیوریتی ترشیاری رخنمون دارند. سازندهای کهر، سلطانیه و باروت میزبان اکسیدهای آهن، طلا و مس هستند، ولی کانی‌سازی‌ها بیشتر در دولومیت بخش پایینی سلطانیه متمرکز است. در کاوند کانی‌سازی به بخش‌های اکسید آهن (عمدتاً اولیژیست)، اکسید آهن-طلا، اکسید آهن-کوارتز-باریت-طلا و اکسید آهن-کوارتز-باریت-طلا-مس قابل تفکیک است. کانی‌سازی‌ها به شکل‌های رگه و رگچه‌ای، برشی، پرشدگی فضاهای کارست و عدسی است. دگرسانی‌های کربناتی، سیلیسی، اکسید آهنی و کلریتی به همراه کانی‌سازی مشاهده می‌شوند. کانه‌ها شامل اولیژیست، هماتیت، گوتیت، لیمونیت، باریت، کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت، آزوریت و طلا می‌باشد (پرتاک و علی پور، ۱۳۹۴).

زیرزون طبس

تنها آهن با ژنز آتشفشانی-بروندی و رسوبی-هیدروترمال در محدوده زیر زون طبس اندیس نیگنان است. منطقه اکتشافی آهن و آنتیموان-طلا نیگنان در شمال شهرستان بشرویه در استان خراسان جنوبی واقع شده است. این مناطق اکتشافی در مرز شمال غربی بلوک لوت قرار گرفته‌اند و شامل بخشی از سازندهای بغمشاه و قلعه دختر با سن ژوراسیک فوقانی می‌باشند. منطقه اکتشافی آهن دارای واحدهای سنگ کربناته و مارن می‌باشد. واحدهای کربناته به پکستون، وکستون، بایندستون و آهک کریستالین یا آهک اسپارایت تقسیم بندی می‌شود. واحد متاسندستون نیز به دو واحد مجزا سنگ شناسی کوارتزنايت دگرگون شده و ماسه سنگ آهکی دگرگون شده قابل تفکیک است. با انجام مطالعات میکروسکوپی دو زون آلتراسیون کربناتی و دولومیتی در منطقه اکتشافی آهن قابل مشاهده است. کانی سازی در منطقه اکتشافی آهن کنترل گسلی داشته و به صورت رگه‌ای و جانیشینی در سنگ میزبان (سنگ کربناته) تشکیل شده است. روند کلی رگه‌ها عمدتاً شرقی-غربی و دارای شیب ۶۴ درجه می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های برداشت شده از پروفیل‌ها، میزان عناصر سیلیسیوم، کلسیم، آهن و منگنز به ترتیب برابر ۰.۲۲٪، ۰.۵٪، ۱۵٪، و ۰.۷٪ می‌باشد. مقدار این عناصر با دور شدن از رگه کانی‌سازی تغییر کرده و به ترتیب برابر ۰.۰۴٪، ۰.۳۹٪، ۰.۲٪ و ۰.۰۶٪ است (نظرقزوینیان و همکاران، ۱۳۹۲).

زیرزون بافق- پشت بادام

پروتروزوئیک- کامبرین آغازین

کانسارهای آهن رسوبی-آتشفشانی به سن پروتروزوئیک-کامبرین آغازی در زون بافق- پشت بادام عمدتاً در بخش میانی این زون دیده می‌شوند و کانسارهای چاپدون، ناریگان، کوه دوزدالو، کوه مایون، نی باز، شمال الله آباد، زاج پشته و چشمه فیروز نمونه‌هایی از آن است. این کانسارها دارای میزبان رسوبی دگرگون شده مانند شیست و امفیبولیت به همراه واحدهای ولکانیکی-رسوبی می‌باشند. دارای ساختارهای نواری و لایه‌ای بوده و میزان ناخالصی آنها پایین است. همچنین در جنوب زیر زون ساختاری بافق- پشت بادام کانسار بادیز همراه با سنگهای دولومیتی معادل سلطانیه قرار دارد.

کانسار ناریگان در منطقه بافق بوسیله سنگ آهک دولومیتی و توفهای ریولیتی سازندهای ریزو و دزو با سن نئوپروتروزوئیک-کامبرین پایینی میزبانی می‌شود (بنیادی و مور ۲۰۰۵). این کانسار دارای عیار منیزیم پایین (۵/۷۵ درصد وزنی) و درصد آهن متوسط (۳۷ درصد وزنی) با ۴/۸ میلیون تن ذخیره می‌باشد و به صورت



ساختارهای آگلومرانی پراکنده، لامینه، لایه‌ای، عدسی و توده‌ای رخ می‌دهد. کانه‌ها شامل پیریت، پیرولولزیت، پسیلوملان، مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، سیدریت، منگنوسیدریت و کلسیت است.

مزوزوئیک-ترشیری

کانسارهای آهن رسوبی-آتشفشانی در محدوده سنی مزوزوئیک-ترشیری در زون بافق- پشت بادام شامل کانسارهای گردارو و نجم آباد به سن کرتاسه با میزبانی سنگ‌های کربناته و شیل، کانسارهای خشومی، چاه جمال و زمان آباد با میزبانی سنگ‌های شیست و گابرو اندیس‌های جاده سرخو و فخرآباد به سن ترشیری است.

زیرزون یزد

پروتروزوئیک-کامبرین آغازین

کانسارهای آهن رسوبی-آتشفشانی در زون یزد به سن پروتروزوئیک-کامبرین آغازین عمدتاً در بخش میانی این زون مشاهده می‌شوند و شامل کانسارهای چاه پلنگ شمالی، پیوک، محمدآباد و لکاب می‌باشند. سنگ میزبان این کانسارها شامل مرمر، شیست، سنگ آهک و سنگهای ولکانیکی است.

پالئوزوئیک

کانسار کوه طالب ۱ و ۲ به سن پالئوزوئیک-اوسن و سنگ میزبان گرانیت و اسکارن، کانسار داوران به سن کامبرین میانی تا پایانی و کانسار نفیس آباد به سن دونین-کربونیفر و سنگ میزبان کوارتزیت، دولومیت، ماسه سنگ کوارتزیتی و کنگلومرا از مهم‌ترین منابع آهن شناخته در زیرزون یزد به سن پالئوزوئیک هستند.

مزوزوئیک

دو کانسار بوته علم و چشمه سرخ به سن تریاس و کرتاسه، با همراهی سازند علم و میزبانی سنگ‌های کربناته، پیروکلاستیک و سنگ‌های رسوبی تفکیک نشده آلبین-سنومانین در جنوب و بخش مرکزی زیرزون یزد دیده می‌شوند.

سنوزوئیک

در انتهای شرقی زیرزون یزد ماده معدنی دشت مامی تک دارای سن اوسن و سنگ میزبان عمدتاً توف می‌باشد.

بلوک لوت

از کانسارها یا اندیس‌های آهن آتشفشانی- برون‌دیمی که در محدوده بلوک لوت واقع شده‌اند می‌توان به اندیس‌های سمسور ۱ و سمسور ۲ با سن کرتاسه پسین و کانسارهای کوه سیاه به سن نئوژن و سنگ میزبان کنگلومرا و ماسه سنگ و کانسار جنوب مهاباد به سن تقریبی پالئوزوئیک و سنگ میزبان شیست، سنگ آهک و ماسه سنگ دگرگونه ضعیف اشاره کرد.

آهن سمسور در جنوب غرب زاهدان در قسمت شرقی بلوک لوت و در حاشیه زون فیلیشی شرق ایران و گسل نصرت آباد قرار دارد. واحدهای زمین شناسی منطقه عمدتاً از شیست، اسلیت و سنگهای کربناته کرتاسه تشکیل شده که به وسیله استوک‌های تونالیتی و دایک‌های داسیتی و آندزیتی قطع شده‌اند. کانی‌های عمده دایک‌ها و استوک‌ها پلاژیوکلاز، هورنبلند و کوارتز می‌باشند، دگرسانی پروپلیتیکی دگرسانی غالب در این سنگها است. واحدهای جوانتر گدازه‌های بازالتی (دارای کانی‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن و اولیوین)، تراورتن، کنگلومرا، رسوبات جدید می‌باشند. وجود رگه‌های سیلیسی و گارنت از خصوصیات آهن سمسور است. رگه‌ها و توده‌های مگنتیت همراه با هماتیت و گوتیت در محل شکستگی‌ها، گسل‌ها، در آهک‌ها و اسلیت‌هایی که مجاور سنگهای نفوذی هستند، توسط محلول‌های گرمابی تشکیل شده‌اند (بیابانگرد و همکاران، ۱۳۹۲).

زون سیستان

اندیس‌های آهن در این زون شامل بیدستر، قائن، شاتری و گزیک به سن کواترنری تا مزوزوئیک و سنگ میزبان دیوریت، مونزونیت، سینیت، آندزیت و گابرو است که به طور پراکنده در بخش‌های شمالی و مرکزی زون سیستان دیده می‌شوند.

محدوده بیدستر در شمال غرب کوه تفتان و در زون نه‌بندان- خاش قرار می‌گیرد. فرآیندهای دگرسانی در سطح محدوده بیدستر از اهمیت و گسترش نسبی زیادی برخوردارند. به طوری که تقریباً تمامی رخنمون‌های واحدهای سنگی در محدوده متحمل درجه‌ای از دگرسانی شده‌اند. مهم‌ترین فرآیندهای دگرسانی مشاهده شده در محدوده بیدستر عبارتند از: فیلیک، سربسیتی، سیلیسی، پروپلیتیک، آرژیلیک و زون‌های اکسید آهنی. مهم‌ترین کانیهای قابل مشاهده در سطح محدوده بیدستر کالکوسیت، بورنیت، پیریت و اکسید- هیدروکسیدهای ثانویه و آمورف آهن می‌باشد (یزدانی فر و همکاران، ۱۳۹۴).



زون ارومیه دختر

پالئوزوئیک - مزوزوئیک

منابع سنگ آهن زون ارومیه دختر شامل کانسارهای آهن نیزار، چاه سفید و ارجنان به سن کامبرین آغازین تا کرتاسه بوده و سنگ میزبان این کانسارها گرانیت، شیست، سنگ آهک، شیل، سیلت سنگ و کراتوفیر است. کانسار آهن نیزار با سنگ‌های میزبان رسوبی در فاصله ۵۰ کیلومتری جنوب باختری مشهد، شمال خاوری ایران واقع شده است. این کانسار به صورت لایه‌ها و عدسی‌های جدا از هم در یک زون گسله در ماسه سنگ‌های کوارتز آرنایتی و ساب لیتارنایتی سازند لالون (کامبرین زیرین) گسترش یافته است. بررسی‌های کانی‌نگاری نشان می‌دهند که هماتیت کانه اصلی کانسنگ‌های آهن است که با گوتیت و پیریت در مقادیر کمتر همراهی می‌شود. فرایندهای گرمایی و سیستم‌های گسلی (موجود در سنگ‌های میزبان) تواما نقش ارزنده‌ای در شستشوی فلزات و نهشت کانسنگ‌های آهن داشته‌اند. یافته‌های به دست آمده از الگوی توزیع REE های نورمالیزه شده به کندریت و آنومالی مقادیر Eu به منشأ آذرین اسیدی سنگ‌های میزبان دلالت دارند. تلفیق نتایج بدست آمده از بررسی‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که سنگ‌های میزبان احتمالاً از فرسایش توده‌های گرانیتی و رگه‌های پگماتیتی (با دگرگونی درجه پایین)، در یک محیط کم عمق آبی و در حاشیه غیرفعال کراتون تحت شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب تشکیل شده‌اند (نصف زاده و همکاران، ۱۳۸۷؛ ۱۳۹۲).

سنوزوئیک

اندیس‌های دیوار، شیخاب، محمدآباد، خلط آباد و چاه راجب به سن ترشیری و سنگ میزبان آندزیت و کانسار شهرستانک و اندیس مشیریه با سنگ میزبان بازالت، آندزیت، دیاباز، کنگلومرا و ماسه سنگ و سن ائوسن در زون ارومیه دختر از منابع سنگ آهن قابل ذکر هستند.

۲-۲-۲- کانسارهای آهن ماگمایی-هیدروترمال

از کانسارهای آهن معروف با منشأ ماگمایی-هیدروترمال در سطح جهان می‌توان به کانسارهای کمربند آهن الالکو در شیلی، کایرونا و گرانگزبرگ در سوئد و ژیبو و چاگانگوئر در چین اشاره کرد. در ایران نیز در زون ایران مرکزی و در محدوده ماگماتیسیم بافق- ساغند می‌توان این نوع کانه‌زایی را به وضوح مشاهده نمود. کانسارهای آهن از نوع اکسید آهن- آپاتیت (IOA) با سن اواخر پروتروزوئیک - کامبرین آغازین بیشتر در زیر

زون بافق - پشت بادام از زون ایران مرکزی قرار دارند. علاوه بر آن، دو کانسار آهن به نام‌های تکاد ۲ در زون البرز غربی و گزستان در شمال شرق زیر زون یزد در منطقه سنگان واقع شده‌اند.

زون ایران مرکزی

ایران مرکزی بخشی از ایران میانی است که با زمین‌درزهای افیولیتی سیستان، نائین، بافت، گسل دورونه و افیولیت‌های کاشمر - سبزوار احاطه شده و توسط گسل‌های طویلی که به سمت باختر خمیدگی دارند و از نوع امتدادلغز راستگرداند، قابل تقسیم به بلوک لوت، فرازمین شتری، فرونشست طبس، فرازمین کل‌مرد، بلوک پشت‌بادام، فروافتادگی بیاضه - بردسیر و بلوک یزد است. کانسارهای موجود در زیرزون‌ها در بخش‌های بعدی آورده خواهد شد اما در اینجا به برخی از کانسارها مانند رشتخوار، خانلق، ورتاوه، کوه دم اردستان اشاره می‌کنیم. برخی از سنگ میزبان‌های این کانسارها شامل آندزیت، گرانودیوریت، دیوریت، سینیت، سنگ آهک و فیلیت می‌باشند که همگی دارای سن سنوزوئیک هستند.

زیر زون بافق - پشت بادام

سازندهای منطقه بافق - پشت بادام از نوع سنگهای دگرگونی دوران پرکامبرین هستند. سازندهای زیر زون بافق - پشت بادام میزبان کانه‌زایی آهن شامل سازند بنه‌شورو، تاشک و مجموعه پشت بادام است. این زیرزون را می‌توان به عنوان یکی از مهم‌ترین مناطق کانی‌زایی آهن ایران دانست. کانسارهای مهمی مثل چادرملو، چاه گز، چاپدون، چغارت، ساغند، سه‌چاهون، شرق بافق، لکه سیاه، میشدوان، مبارکه، نارگون و رباط پشت بادام در این زون جای می‌گیرند. سنگ میزبان این کانسارها بطور عمده شامل آلکالی گرانیت، دیوریت، گابرو، گرانیتوئید، گنیس، گرانیت پورفیری، آمفیبولیت، شیست، سینیت و سنگهای ولکانیکی و رسوبی دگرگون شده است و از لحاظ زمانی، کانسارهای آهن این زون در سن پروتروزوئیک تا کامبرین آغازین می‌باشند. کانسارهای آهن در منطقه بافق در زیر زون بافق - پشت بادام قرار دارند و اکثر آنها از نوع اکسید آهن - آپاتیت (IOA) می‌باشند.

معدن سنگ آهن چادرملو در قلب کویر مرکزی ایران، در دامنه شمالی کوه‌های خاکستری‌رنگ چاه محمد در حاشیه جنوبی نمک‌زار ساغند به فاصله ۱۸۰ کیلومتری شمالی خاوری شهر یزد و ۳۰۰ کیلومتری جنوب طبس قرار گرفته است. این معدن بخشی از ایالت متالوژنیک بافق - ساغند بوده و سنگ میزبان غالب در این کانسار انواع سنگ‌های آذرین خروجی تا نیمه‌عمیق با ترکیب اسیدی نظیر ریولیت، تراکیت و میکروگرانیت می‌باشد که تحت تأثیر فرآیندهای متاسوماتیکی قرار گرفته‌اند. از انواع کانی‌های مهم حاصل از متاسوماتیسم



می‌توان به آلبیت با ماکل شطرنجی، اپیدوت، تورمالین، کلریت، اکتینولیت، بیوتیت سبز، کلسیت، آپاتیت و کوارتز اشاره نمود. مهم‌ترین کانه این کانسار مگنتیت بوده که در بخش‌های کم‌عمق و سطحی به هماتیت تبدیل شده است. میزان کانه پیریت و کالکوپیریت در این معدن کم بوده و بیشتر به صورت پراکنده در سنگ‌های میزبان یافت می‌شود. شواهد صحرایی و سنگ‌شناسی در کانسار چادرملو نشان می‌دهد منشأ این کانسار از نوع ذخایر مگنتیت-آپاتیت تیپ کایرونا می‌باشد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد، ذخیره سنگ آهن چادرملو یزد ۴۰۰ میلیون تن است که ۳۲۰ میلیون تن آن قابل استخراج و عیار متوسط آهن ۵۵/۲ درصد است (<http://chadormalu.com/fa-ir/AboutMine>).

زیرزون یزد

در این زیر زون کانسارهایی همچون گزستان، ققنوس، دهج و چاه پلنگ قرار دارند. کانسار گزستان و چاه پلنگ در سنگ میزبان‌های رسوبی آتشفشانی به سن پرکامبرین و کامبرین و کانسار ققنوس دارای سنگ میزبانی از جنس ماسه سنگ با سن نئوژن می‌باشد.

کانسار آهن چاه پلنگ در ۹۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان اردکان در استان یزد و زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است. واحدهای سنگی منطقه شامل سنگ‌های متاولکانیک، کربنات‌های با تبلور مجدد و شیست می‌باشند. سنگ‌های متاولکانیکی و کربناته میزبان اصلی ماده معدنی می‌باشند. مگنتیت (دو نسل) و هماتیت (سه نسل) همراه مقدار کمی پیریت و کانی‌های ثانویه گوتیت و لیمونیت ماده معدنی را تشکیل می‌دهند. ذخیره به صورت پراکنده، رگه‌ای و گاه عدسی‌های کوچک در منطقه رخنمون دارد. بافت‌ها شامل پراکنده، توده‌ای، خوردگی، برشی، جانشینی و شبکه‌ای و هاله‌های دگرسانی شامل کلریتی شدن، اپیدوتی شدن و سیلیسی شدن می‌باشند. مقدار اکسید آهن کل در نمونه‌های کانسنگی اندازه گیری شده بین ۲۸ تا ۹۱ درصد تغییر می‌کند. پایین بودن مقدار عناصر Cr، V و نمودار دوتایی Co-Ni منشأ محلول‌های گرمابی را برای کانسنگ آهن چاه پلنگ تأیید می‌کنند. مقدار REE در نمونه‌ها بین ۱۰ تا ۱۱۰ گرم در تن بوده و نمودار الگوی پراکندگی این عناصر روند نزولی از LREE به HREE نشان می‌دهد که ناشی از تفکیک شدن این دو گروه در فرایندهای گرمابی است. آنومالی منفی Ce و مثبت Eu، و نسبت‌های REE محاسبه شده نیز تشابه کانسنگ آهن چاه پلنگ را با کانسارهای گرمابی نشان می‌دهد (براتی، ۱۳۹۸).

کانسار گزستان در توالی آتشفشانی- رسوبی پروتروزوییک بالایی- کامبرین زیرین در منطقه بافق در ایران مرکزی تشکیل شده است. میزبان کانی‌سازی در کانسار گزستان، سنگ‌های آتشفشانی و نیمه عمیق فلسیک تا حدواسط هستند که به شدت کلریتی و سریسیتی شده‌اند. دگرسانی‌های مرتبط با کانی‌سازی در کانسار

گزستان و مقایسه آن با دیگر کانسارها در منطقه بافق، نشانگر تفاوت‌هایی در مجموعه‌های دگرسانی و فراوانی نسبی آنها، شدت، گسترش فضایی و زمان دگرسانی نسبت به کانی‌سازی است. دگرسانی آلبیتی گسترش چندانی در گزستان ندارد و محدود به زون‌های کانی‌سازی است. دگرسانی کلسیمی-آهنی که از بیشتر کانسارهای مگنتیت-آپاتیت منطقه بافق گزارش شده است و نیز دگرسانی پتاسیک، در کانسار گزستان کمیاب و فقط به طور محلی دیده می‌شود. متاسوماتیزم بور، به صورت نوارهای کوارتز-تورمالین و نیز بلورهای پراکنده تورمالین خودنمایی می‌کند. دگرسانی‌های غالب و مرتبط با کانی‌سازی در این کانسار، دگرسانی‌های کلریتی و سریسیتی هستند. کلریت عمدتاً به صورت جانشینی و نیز به شکل پرکننده درزه‌ها و فضاهای خالی تشکیل شده است. ترکیب کلریت از نوع پیکنوکلریت و کلینوکلر است و محدوده دمای تشکیل آن، ۳۲۴ تا ۲۳۶ درجه سانتیگراد تعیین شده است. دگرسانی سریسیتی، علاوه بر پهنه‌های کانی‌سازی، در واحدهای سنگی نیمه عمیق و آتشفشانی نیز گسترش زیادی دارد. گسترش دگرسانی کلریتی و ارتباط آن با کانی‌سازی و دگرسانی‌های سدیک و کلسیمی-آهنی نادر و ضعیف نشان می‌دهد که کانسار گزستان نسبت به سایر کانسارهای آهن ایران مرکزی، احتمالاً در دمای پایین‌تر و در بخش‌های کم‌عمق سیستم‌های کانی‌سازی نوع اکسید آهن-آپاتیت، (بر اساس مدل‌های زایشی این کانسارها) تشکیل شده است (سپهری راد، ۱۳۹۶).

کانسار آهن دهج در ۴۰ کیلومتری شمال شهر دهج در استان کرمان در جنوب منطقه ایران مرکزی و در نوار ماگمایی ارومیه-دختر قرار گرفته است. سنگ میزبان ماده معدنی آهک‌های سفید تا صورتی و دولومیت‌های قهوه‌ای تا خاکستری کرتاسه فوقانی می‌باشند که توده‌های دیوریتی و گرانودیوریتی با سن ائوسن به درون آنها نفوذ کرده‌اند. مگنتیت کانه اصلی و هماتیت، مالاکیت و آزوریت کانی‌های فرعی کانسار آهن دهج هستند. پیریت، کلسیت، کوارتز، اکسیدهای آب دار آهن همانند گوتیت بعنوان کانی‌های باطله در نظر گرفته می‌شوند. کانه زایی مگنتیت بصورت دو نسل مجزا واقع شده است. از خصوصیات ماده معدنی، ارتباط آن با گسل‌های نرمال و شکستگی‌های موجود در منطقه و تشکیل آن در هم‌بری توده‌های نفوذی و سنگ میزبان و وجود رگه-رگچه‌های مالاکیتی، آزوریتی در مجاورت سنگ‌های نفوذی و کربناته می‌باشد. نتایج مطالعات ریزکاوش الکترونی و غلظت عناصر اصلی و فرعی نشان می‌دهد که مگنتیت در محدوده کانسارهای آهن IOCG قرار می‌گیرند (باخرد، ۱۳۹۵).



زیرزون بلوک لوت

این زیرزون نیز شامل کنسارهای آهنی به اسم علی آباد (استان خراسان جنوبی) و رشتخوار (استان خراسان رضوی) می باشد. کنسار علی آباد در سنگ های میزبانی به سن پلیوسن تا کواترنری قرار گرفته و کنسار رشتخوار دارای سنگ های میزبانی نظیر دیوریت، سینیت، آندزیت، بازالت و سنگ های رسوبی به سن الیگوسن است. کنسار رشتخوار در جنوب استان خراسان رضوی و ۴۸ کیلومتری خاوری رشتخوار قرار دارد. از نظر زمین شناسی این کنسار در شمال خاوری بلوک لوت واقع شده و به نوار ولکانو پلوتونیک خواف- بردسکن وابسته است. سنگ های آذرین حدواسط به صورت استوک، دایک، گدازه و نهشته های آذرآواری سنگ میزبان کنسار هستند. این سنگ ها شامل دیوریت پورفیری، مونزوسینیت پورفیری، آندزیت، بازالت و لیتیک توف هستند که دارای بافت های دانه ای، پورفیری، میکرولیتیک پورفیری و هیالومیکرولیتیک هستند و از کانی های پلاژیوکلاز، فلدسپات های پتاسیم، آمفیبول و پیروکسن تشکیل شده اند. واحدهای رسوبی بیشتر از کنگلومرا، شیل و ماسه سنگ تشکیل شده اند. کانی زایی آهن در این کنسار غالباً به صورت رگه هایی با ضخامت چند سانتیمتر تا ۲ متر و تا طول ۲۰ متر، با راستای غالب خاوری- باختری در داخل سنگ های نفوذی دیده می شوند. کانی زایی آهن بیشتر به صورت هماتیت (اسپیکولاریت) و مگنتیت بوده و کانی زایی مس نخست به صورت کالکوپریت تشکیل شده و طی فرآیندهای سطحی به کربنات های مس (مالاکیت و آزوریت) و هیدروکسیدهای آهن (گوئیت و لیمونیت) تبدیل شده اند. اصلی ترین کانی های باطله عبارتند از کلسیت و کوارتز. دگرسانی های پروپیلیتیک، سریستیک- پروپیلیتیک، سیلیسی و آرژلیک پیشرفته مهم ترین دگرسانی هایی هستند که طی آن برخی از کانی ها همچون پلاژیوکلازها، فلدسپات های پتاسیم و آمفیبول ها به سریسیت، کلریت و کانی های رسی دگرسان شده اند.

زیرزون طبس

کنسار ماگمایی هیدروترمال ده زمان در ۴۰ کیلومتری جنوب غرب بردسکن در استان خراسان رضوی واقع شده و با سنگ های میزبانی همچون شیست، فیلیت، دولومیت و سنگ آهک به سن پالئوزوئیک پسین تا تریاس در این زیرزون قرار گرفته است.

منطقه مطالعاتی ده زمان از نظر ساختاری در زون ایران مرکزی و در بخش شمال شرق کمربند تکتونیکی کاشمر- کرمان در ناحیه موسوم به کوه سرهنگی قرار گرفته است. کمربند کاشمر- کرمان مهمترین زون کانی سازی ذخایر آهن در ایران است. از نظر سنگ شناختی و چینه شناسی، واحدهای سنگی موجود در منطقه به سه گروه تقسیم می شوند: ۱- سنگ های دگرگونی درجه پایین تا متوسط ۲- واحدهای رسوبی تبلور مجدد

یافته ۳- سنگ‌های آذرین شامل توده‌های نفوذی و واحد آتشفشانی دگرگون‌شده، شامل واحد متابیوتیت سینوگرانیت، بیوتیت سینوگرانیت میلونیتی شده، متاسینوگرانیت و واحد متاریولیت- متاریوداسیت. کانی‌سازی در منطقه شامل: ۱- باند هماتی ۲- رگه مگنتیت $\pm$ اسپکیولاریت بخش مرکزی ۳- رگه مگنتیت- اسپکیولاریت بخش شرقی است. بافت و ساخت بخش هماتی شامل لایه‌ای و در بخش مگنتیت و اسپکیولاریت شامل، رگه- رگچه‌ای، توده‌ای، افشان و برشی است. کانه‌زایی باند هماتیت به صورت لایه‌ای و هم‌شیب با توالی‌های رسوبی و دگرگون‌شده پرکامبرین قرار گرفته است که نشان‌دهنده تشکیل همزمان هماتیت با واحد رسوبی با سن اواخر نئوپروتروزوئیک بوده که پس از آن رخداد کوه‌زایی کاتانگایی و دگرگونی ناحیه‌ای در منطقه عمل کرده است و باعث ایجاد دگرگونی در واحد رسوبی و باند هماتی شده است. عیار میانگین آهن در باند هماتیت ۶۶ درصد است (حاجی میرزاجان، ۱۳۹۹).

سندج- سیرجان

یکی دیگر از زون‌های مهم برای کانی‌زایی آهن با ژنز ماگمایی هیدروترمال که در اولویت دوم قرار می‌گیرد همین زون می‌باشد که کانسارهایی مانند هنشک، حسن رباط، درود، تکاب ۱، علی‌آباد باغ بالا و ... در آن قرار می‌گیرد. کانسارهای علی‌آباد باغ بالا با سنگ میزبان شیل، توف و دیاباز به سن پرکامبرین تا کامبرین آغارین و کانسارهای هنشک، حسن رباط، درود، تکاب ۱ با سنگ‌های میزبانی شامل گرانیتوئید، فیلیت، شیست و دولومیت دگرگون شده با سن پالئوزوئیک پسین و مزوزوئیک می‌باشند.

زون سیستان

در زون سیستان تنها چند کانسار شامل امرودک، درح ۱، درح ۲ و ماهانی سراوان موجود است. سنگ میزبان کانسارهای امرودک و درح، اغلب سنگ‌های ولکانیکی، دیوریت و سینیت با سن سنوزوئیک می‌باشد ولی اندیس ماهانی سراوان با سنگ میزبان کالرملانژ دارای سن کرتاسه پسین می‌باشد.

زون افیولیتی

زون افیولیتی دارای یک اندیس معدنی آهن با نام سمسور ۳ با سنگ میزبان کالرملانژ به سن کرتاسه پسین می‌باشد. این کانسار در نزدیکی نصرت‌آباد زاهدان قرار دارد.



کمان ارومیه دختر

کانسارهای نامق، تنورچه، پنج کوه، اجت آباد، گلستان آباد و کوه بابا با سنگ‌های میزبانی مانند توف، آندزیت، تراکی آندزیت، دیوریت، گرانودیوریت و سینیت با سن‌های ائوسن، الیگوسن و میوسن در این رده قرار می‌گیرند. کانسار آهن پنج‌کوه در ۵۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان دامغان واقع شده است. سنگ‌های آتشفشانی-آذرآواری ائوسن با ترکیب آندزیت-تراکیت، میزبان اصلی کانسار هستند. تزریق توده نفوذی با ترکیب اولیه مونزونیت کوارتزار در بخش مرکزی و جنوب این محدوده به درون توالی رسوبی-آتشفشانی فوق سبب اسکارن‌زایی و به وجود آمدن کانسار آهن پنج کوه شده است. پیروکسن، اپیدوت و آمفیبول مهم‌ترین کانی‌های باطله و مگنتیت (و هماتیت)، پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت و آزوریت نیز کانه‌های این کانسار را تشکیل می‌دهند. مطالعات بر روی کانسار نشانگر این است که کانسار آهن پنج‌کوه تا حدی ویژگی‌های اسکارن‌های طلا و مس را نیز نشان می‌دهد (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۵)، در حالی که بر اساس نظر پیروفر (۱۳۸۵)، پنج کوه خاستگاهی اورتوماگمایی دارد. ظرفیت سنگ آهن مگنتیت معدن پنج کوه دامغان یک میلیون و دویست هزار تن بوده و هم اکنون سی و پنج هزار تن در سال از این معدن برداشت می‌شود ولی به دلیل عمر زیاد معدن و برداشت ماده معدنی از عمق عیار سنگ کلوخه در حد ۲۵ درصد است (مظفری، ۱۳۹۹).

زون البرز غربی

کانسارهای آهن ذاکر، اسکند، مروارید، سرخه دیزج و تکاب ۲، همگی در این زون ساختاری قرار دارند. سنگ میزبان این کانسارها اغلب سنگ‌های ولکانیکی، گرانیتی و گرانودیوریتی می‌باشد و بغیر از تکاب ۲ که سن سنگ میزبان آن پرکامبرین است بقیه کانسارها در سنگ میزبانی با سن ائوسن تشکیل شده‌اند. معدن سرخه دیزج در ۳۲ کیلومتری شهرستان زنجان و در ۲ کیلومتری روستای سرخه‌دیزج، در داخل سنگ‌های ولکانیکی-ساب‌ولکانیکی قرار دارد این کانسار از سه رخنمون اصلی تشکیل شده که شکل کانه‌زایی را می‌توان به صورت توده‌ای، رگه‌ای و رگچه‌ای مشاهده نمود. رگه‌ها و توده‌ها با امتداد شمال‌شرق-جنوب‌غرب، با شیب ۴۰-۵۰ درجه به سمت شمال و با ضخامت متغیر چند میلیمتر تا ۱۶ متر و طول ۵۰ تا ۲۰۰ متر (قابل دید در روی زمین) می‌باشند. کانی‌شناسی این کانسار شامل مگنتیت، کانی‌های عناصر نادرخاکی (موناژیت)، اورانینیت، کالکوپیریت، کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت، آزوریت، آپاتیت، پیریت، هماتیت و گوتیت است و کانی‌های باطله نیز شامل کوارتز، کلسیت، اپیدوت، ترمولیت، اکتینولیت، اسفن، سریسیت، کلریت و کانی‌های رسی می‌باشند. بر اساس نمونه‌های اندازه‌گیری شده (تعداد ۱۰ نمونه) عیار P_2O_5 از ۴ تا ۲۲ درصد متغیر است. علاوه بر فسفات توده‌های آهن آپاتیتی نسبت به عناصر نادر خاکی بخصوص Nb و Ta ناهنجاری

(بیش از ۲۰۰۰ گرم در تن) نشان می‌دهند و عیار اکسید آهن (Fe_2O_3) در این منطقه، ۷۲ تا ۹۲ درصد ذکر شده است. از جمله بافت‌هایی که در این منطقه مشاهده می‌شود، بافت‌های نواری و لایه‌ای، جریان‌ی آهن آپاتیتی و بافت رگه و رگچه‌ای است و آپاتیت به صورت کانی درشت بلور هگزاگونال بی‌پیرامیدال و سوزنی‌شکل به رنگ صورتی تا سفید در کانسنگ آهن و به صورت پگماتیتی در حاشیه گرانیت دیده می‌شود. دگرسانی‌های مشاهده شده در این محل شامل سریسیتی، آرژیلی، کلریتی، اکتینولیتی و سیلیسی است. دگرسانی سیلیسی بیشتر به صورت رگه و رگچه‌ای در سنگ درونگیر و سنگهای ولکانیکی ائوسن تشکیل شده است.

زیر زون خزر تالش زیوه

این زیرزون تنها شامل یک اندیس آهنی به اسم آهن‌دان در شهر لاهیجان استان گیلان می‌باشد که در سنگ میزبان کوارتزیت با سن پرکامبرین قرار گرفته است.

۲-۲-۳- کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن

کانسارهای اسکارن آهن با سن اواخر پروتروزوئیک - کامبرین در بخشهای مختلفی از ایران دیده می‌شود که بعضی از این کانسارها، دارای اهمیت می‌باشند. بخشی از کانسار سنگان خواف، گل گهر، حدید زرنده، سادات سیریز، کوه برف کار، ماه زمین، معین‌آباد، آق بلاغ و باشکند از نوع اسکارن بوده و در اواخر پروتروزوئیک - کامبرین آغازین تشکیل شده است و سنگ میزبان در این کانسارها شامل گرانیت، آمفیبولیت، شیست، گنیس، مرمر و دولومیت است.

زون ایران مرکزی

زون ایران مرکزی دارای زیر زون‌های بلوک لوت، طبس، پشت بادام و یزد است و کانسارهای مرتبط با این زیرزون‌ها به تفضیل در بندهای زیر آمده است. برخی کانسارهای آهن ایران مرکزی که خارج از خرد قاره ایران مرکزی قرار دارد شامل کانسارهای اینچه، باشکند، بلبلی، چالو، علی‌کندی، ورتاوه، همیرود، شهبواران، کالو، گوژل دره، ایله یک، قمصر و گرگاب می‌باشند.

کانسار آهن ورتاوه در ۲۵ کیلومتری جنوب شهر کاشان، ۸ کیلومتری جنوب شرقی شهر قمصر و در کمربند آتشفشانی - نفوذی ارومیه - دختر واقع شده است. سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی ائوسن و توده نفوذی بعد از میوسن زیرین پیکره اصلی سنگ‌های رخنمون یافته در منطقه را تشکیل می‌دهند. بر اساس بررسی‌ها، تزریق توده نفوذی با ترکیب کوارتز دیوریت - دیوریت به داخل توف‌های کربناتی ائوسن موجب تشکیل کانسار



آهن و رتاهه شده است. ماده معدنی بطور عمده از مگنتیت تشکیل شده که در بخش‌هایی با هماتیت و کانی‌های سولفیدی شامل پیریت و کالکوپیریت و کانه‌های ثانویه مالاکیت، لیمونیت، گوتیت و اکسیدهای منگنز همراه است. ماده معدنی دارای بافت‌های توده‌ای، برشی، رگه-رگچه‌ای و دانه پراکنده می‌باشد. مجموعه کانی‌های گارنت، پیروکسن، اپیدوت، کلریت، کلسیت، کوارتز، سرسیت و آپاتیت، کانی‌های باطله‌ها را تشکیل می‌دهند. دگرسانی‌های اصلی در منطقه شامل اپیدوتی، کلریتی، سرسیتی و آرژلیتی شدن هستند. برای کانسار ورتاوه الگوی تشکیل اسکارن کلسیمی پیشنهاد شده است (وکیلی نوش آبادی، ۱۳۹۳).

معدن مزرعه در ۱۷۵ کیلومتری شرق تبریز، ۲۰ کیلومتری شمال اهر و ۵ کیلومتری شمال ده مزرعه قرار دارد و از نوع شاخص اسکارن آهن و مس می‌باشد. اسکارن مزرعه در شیب جنوبی سلسله کوه شیور داغ که بخشی از سازند قره داغ می‌باشد بیرون زدگی آن قابل رویت است. اسکارن مزبور در شمال همبری توده نفوذی گرانودیوریتی الیگوسن با آهک‌های کرتاسه به وجود آمده و دارای کنتاکت مشخص با سنگ‌های اطراف خود می‌باشد. ضخامت آنها از ۲ تا ۲۵ متر متغیر است و در بعضی جاها به ۵۰ متر نیز می‌رسد و در عمق بر ضخامت آن افزوده می‌شود. زون بندی در طول و عرض اسکارن متغیر می‌باشد و به رنگ‌های قهوه‌ای، خاکستری تا سبز روی زمین مشاهده می‌شود. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده اسکارن مزرعه عبارتند از گرونا، مگنتیت، اپیدوت، کلسیت، کالکو پیریت، هماتیت، پیروکسن و پیریت. از اختصاصات مهم و جالب گروناهای اسکارن مزرعه این است که اغلب ناهمسان همراه با زون‌بندی و دارای ماکل و دو شکستی می‌باشند. وجود دو نوع گرونا دلیل بر دو محیط فیزیکی شیمی مختلف در مراحل تشکیل گرونا می‌باشد (ملائی، ۱۳۷۱).

پرکامبرین

کانسارهایی مانند باشکند، علم‌کندی، گوزل‌دره و اینچه با سنگ‌های میزبان کربناته دولومیت و توف در بازه سنی پرکامبرین در استان زنجان، شمال غرب ایران به گروه کانسارهای اسکارنی تعلق دارند. کانسار آهن باشکند در ۱۶ کیلومتری جنوب‌باختری سلطانیه در پهنه ساختاری ایران مرکزی قرار دارد. واحدهای سنگی منطقه شامل سنگ‌های دگرگونه سازند کهر، گرانیت خرم‌دره و دایک‌های آندزیتی است. دگرسانی‌های عمده در منطقه، آرژیلی، پتاسیک، کلریتی، سرسیتی و کوارتز- کربناتی هستند. کانه‌زایی با روند N30-50W و شیب ۳۰ تا ۵۰ درجه به‌سوی جنوب‌باختر، از لایه‌بندی اولیه، برگوارگی فیلیت‌ها و گسل‌های همروند آنها پیروی می‌کند. ماده معدنی در کانسار آهن باشکند، بیشتر به‌صورت همروند با برگوارگی و با سبترای کمتر از ۱ سانتی‌متر الی ۷ تا ۸ متر و نوارهایی با بیشینه پهنای ۵ سانتی‌متر در حدفاصل سنگ‌های کربناتی و آواری دگرگون شده و گاه درون بخش کربناتی تبلور دوباره یافته با عیار متوسط ۵۶

درصد جای گرفته است. پاراژنز کانی‌شناختی منطقه شامل (۱) گروسولاریت، پیروکسن، ایدوکراز؛ (۲) آندرایت، پیروکسن، فورستريت، فلوگوپیت، مگنتیت و (۳) ترمولیت، سرپانتین، اپیدوت، تالک، بیوتیت، مگنتیت، اسپیکولاریت و سولفیدها است که به وسیله رگه‌های کوارتز-کربنات قطع شده‌اند. حضور مگنتیت همزمان با کوارتز و فلدسپار در توده نفوذی، عدم تطابق الگوی رفتاری Fe_2O_3 با SiO_2 و Al_2O_3 و تطابق آن با دیگر اکسیدهای اصلی و عناصر مس و روی، تشابه الگوی توزیع عناصر خاکی کمیاب در ماده معدنی، توده نفوذی و سنگ میزبان اسکارنی شده و عدم تشابه با نمونه‌های کمتر دگرسان شده فیلیت و متادولوستون، نشانگر تأمین ماده معدنی از سیال‌های مشتق شده از توده نفوذی است که در مرحله متاسوماتیسم پسرونده در اثر اختلاط با سیال‌های جوی و افزایش فوگاسیته اکسیژن، منجر به نهشت ماده معدنی شده است (شهبازی، ۱۳۹۴).

مزوزوئیک - پالئوزوئیک

از کانسارهای شهسواران و کامو با سنگ میزبان‌های سنگ آهک و ماسه سنگ به سن کرتاسه و همچنین کانسارهای اینچه رهبری، سیریز و گرگاب با سنگ میزبان‌های سنگ آهک، کوارتزآرنایت، شیست، دیوریت و گرانودیوریت با رده سنی پالئوزوئیک در این دسته می‌توان نام برد.

کانسار اینچه رهبری در فاصله حدود ۳۰ کیلومتری جنوب و جنوب باختر زنجان قرار گرفته است. در تقسیم‌بندی پهنه‌های ساختاری-رسوبی ایران، این منطقه بخشی از زون ایران مرکزی، در گوشه شمال-خاوری ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ حلب را به خود اختصاص داده است. بخش عمده منطقه توسط رسوبات آبرفتی عهد حاضر پوشیده شده و واحدهای رخنمون یافته سنگی این منطقه که در حاشیه آبراهه‌ها قابل مشاهده هستند، به دوران پالئوزوئیک و سنوزوئیک تعلق دارند. این سنگ‌ها متشکل از مجموعه سازند سلطانیه، کوارتزیت قاعده‌ای و سازند میلا است. رخنمون‌های کوچکی از توده نفوذی با ترکیب گرانیت پورفیری به داخل واحد میلا نفوذ کرده و منجر به دگرگونی مجاورتی سازند میلا و تشکیل هاله دگرگونی مجاورتی و کانی‌سازی اسکارنی آهن شده است. براساس مطالعات سنگ‌نگاری، توده گرانیتوئیدی دارای ترکیب گرانیت پورفیری است. گرانیت مورد مطالعه مربوط به محیط کمان ماگمایی حاشیه فعال قاره‌ای می‌باشد. زون‌های دگرگونی مجاورتی موجود در منطقه اینچه رهبری را می‌توان به انواع زون مرمر و زون اسکارن تقسیم‌بندی کرد. زون اسکارنی به دو بخش اندواسکارن و اگزواسکارن قابل تفکیک می‌باشد. زون اگزواسکارن بر اساس ترکیب کانی‌شناسی شامل زیرزون گارنت اسکارن، پیروکسن اسکارن، سرپانتین اسکارن، کالک سیلیکات هورنفلس و بخش کانه‌دار است. هاله اسکارنی اینچه رهبری از نوع منزیمی و غنی از سرپانتین می‌باشد. سیمای اصلی کانی‌سازی در بخش کانه‌دار اغلب به صورت نواری و با ضخامت بین چند میلیمتر تا ۲ متر و نیز به صورت عدسی



شکل و رگه- رگچه‌ای در داخل واحد کربناته مرمری شده سازند میلا و در مجاورت با آپوفیز گرانیت پورفیری قابل مشاهده می‌باشد. رخنمون اصلی کانه‌زایی آهن، به صورت عدسی‌هایی در طول حدود ۱۵۰ متر و پهنای حدود ۱۰۰ متر قابل مشاهده است. کانه اصلی موجود در این بخش، مگنتیت است که با مقادیر محدودی پیریت و به مقدار جزئی کالکوپیریت، هماتیت، گوتیت و مالاکیت همراهی می‌شود. کانه‌های باطله نیز شامل سرپانتین، گارنت، پیروکسن، اکتینولیت، کلسیت، اپیدوت، کوارتز و آراگونیت می‌باشد. براساس مطالعات صحرایی و میکروسکوپی، دگرسانی‌های، گرمایی موجود در کانه‌زایی آهن اینچهره رهبری شامل کربنات‌زدایی، سرپانتینی شدن، اکتینولیتی- اپیدوتی شدن و سیلیسی- کربناتی شدن می‌باشند (حمیدوند، ۱۳۹۴).

کانسار آهن سیریز در فاصله ۷۵ کیلومتری شمال باختری شهرستان زرنند (استان کرمان)، در پهنه ایران مرکزی جای گرفته است. کانی سازی آهن بیشتر به شکل توده‌های نامنظم، عدسی‌ها و رگه‌هایی در واحدهای آهکی- دولومیتی دگرگون شده پالئوزویک (سازند کوهبنان) و درون اسکارن‌های تشکیل شده در همبری توده نفوذی گرانیتوئید سیریز یافت می‌شود. کانسار آهن سیریز ترکیب کانی شناختی ساده‌ای دارد. مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، هماتیت و هیدروکسیدهای آهن مهم‌ترین کانه‌های موجود در این کانسار هستند. توده نفوذی گرانیتوئید سیریز از دید سنگ شناختی، شامل واحدهای سنگی مانند کوارتزسینیت، کوارتزمونزونیت، سینیت و سینوگابرو است و ماگمای سازنده آن از نوع کالک آلکالن است. با توجه به ویژگی‌های سنگ شناختی و کانی شناختی، اسکارن سیریز متشکل از گرانیتوئید سیریز به عنوان موتور گرمایی و منشأ کانی سازی، پهنه اسکارنی، کانسنگ آهن مگنتیتی توده‌ای و رگه‌ای، و سنگ آهک‌های دولومیتی دگرگون شده (مرمر) است. با نفوذ توده گرانیتوئید سیریز، سنگ‌های میزبان آهکی- دولومیتی سازند کوهبنان دستخوش دگرگونی همبری شده‌اند و مرمرهای بیشتر آهکی با بافت گرانوبلاستیک تشکیل شده‌اند (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۶).

سنوزویک

کانسارهای چالو، بلبلی، همیرد و قمصر با داشتن سنگ‌های میزبانی نظیر سنگ‌های آتشفشانی- آذرآواری، مارل، سنگ آهک و شیل که همگی از لحاظ سنی به زمان ائوسن، الیگوسن و میوسن تعلق دارند. کانسار آهن همیرد در شمال خاور سمنان و در مرز پهنه ساختاری البرز جنوبی و شمال ایران مرکزی قرار گرفته است. توده نفوذی نیمه‌آتشفشانی با ترکیب مونزونیت- مونزودیوریت به درون سنگ‌های رسوبی آهکی، آذرآواری (معادل سازند کرج با سن ائوسن میانی) نفوذ کرده است. کانه‌زایی آهن در محل تماس توده با این سنگ‌ها رخ داده است. حضور گسترده هماتیت همراه با مقادیر فرعی مگنتیت، گوتیت، لیمونیت، پیریت، دولومیت، باریت و کلسیت از ویژگی‌های مهم کانی‌زایی در کانسار آهن همیرد است. کانی‌زایی به شکل رگه‌ای

و عدسی‌هایی با ترکیب هماتیت و مقدار کمتر مگنتیت است. احتمالاً کانی‌زایی در کانسار آهن همیرد همانند کانسارهای اسکارن آهن است (حاجی بهرامی و همکاران، ۱۳۹۴).

زیر زون یزد

زیر زون یزد دارای مهمترین کانسارهای اسکارنی خواف از جمله سنگان، خواف، صدرآباد، انارک، خضرآباد، اسلامیه و فرزانه می‌باشد (جدول ۲-۳).

جدول ۲-۳- مشخصات کانسارهای آهن زیرزون یزد

نام کانسار	سنگ میزبان	سن سنگ میزبان
صدرآباد	گرانودیوریت، کوارتزیدیوریت	کامبرین آغازین
سنگان	شیل، سیلت سنگ، گرانیت	ائوسن
انارک	سنگ‌های ولکانیکی و سنگ آهک	پرکامبرین پسین تا کامبرین پیشین
اسلامیه	سنگ آهک	کرتاسه آغازین
خضرآباد	سنگ آهک	پرمین
خواف	سنگ‌های رسوبی، آلوویم	کواترنری
فرزانه	شیل، گرانیت، آمفیبول، گارنت	ائوسن-پالئوزوئیک

کانسار آهن سنوزوئیک سنگان خواف در حدود ۳۰۰ کیلومتری جنوب خاوری مشهد واقع است. این معدن به دلیل عیار بالای آهن، پایین بودن میزان فسفر و ذخیره زیاد، از مهم‌ترین ذخایر آهن ایران است. کانی‌سازی از نوع اسکارن مگنتیتی است. این کانسار جزئی از کمربند آتشفشانی-پلوتونیکی خواف-کاشمر-بردسکن به شمار می‌آید. این کمربند با روند خاوری-باختری در شمال گسل درونه قرار داشته و در کشور افغانستان نیز ادامه می‌یابد. این توده معدنی توسط رسوبات آهکی میزبانی می‌شود و همراه با سنگ‌های آتشفشانی فلسیک (ریولیت، تراکت، داسیت، آندزیت) و سنگ‌های نفوذی ائوسن فوقانی می‌باشد. گرانیت سرنوسر که تاکنون به عنوان سنگ منشأ مطرح بوده، K_2O کمتر از ۵ درصد دارد، لذا با شناسایی سنگ منشأ نوع اولتراپتاسیک، گرانیت سرنوسر نمی‌تواند سنگ منشأ باشد. براساس مطالعات میکروسکوپی و محاسبه نورم، سنگ منشأ آهن



در حد کوارتز هورنبلند سینیت پورفیری و کوارتز بیوتیت هورنبلند سینیت قلیایی پورفیری و سنگ‌های جوان‌تر در حد بیوتیت گرانیته، بیوتیت هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری و کوارتز سینیت پورفیری هستند (کریم پور، ۱۳۸۶). ماده معدنی اصلی سنگ مگنتیت با هماتیت جزئی، پیریت، کالکوپیریت و پیروتیت است. شرکت تهیه و تولید مواد اولیه فولاد خراسان میزان کل ذخیره زمین‌شناسی سنگان را ۱/۲ میلیارد تن برآورد کرده است.

زیر زون لوت

کانسارهای کلات ناصر، معین آباد و جبال بارز در این زیر زون قرار دارند. اندیس جبال بارز در استان کرمان واقع شده و سنگ میزبان آن واحدهای آهکی و توفی با سن کواترنری می‌باشد. کانسار کلات ناصر و معین آباد در استان خراسان جنوبی واقع شده‌اند و به ترتیب با سنگ‌های میزبانی همچون شیست، گابرو و مرمر با سن پروتروزوئیک (کلات ناصر) و پالئوزوئیک پسین (معین آباد)، جزو کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن ایران می‌باشند.

کانسار آهن کلاته ناصر در شمال شرق بلوک لوت در حاشیه غربی بخش‌های میانی رشته‌کوه آهنگران (جنوب شهر حاجی‌آباد، استان خراسان جنوبی) قرار دارد. بر اساس پیجویی‌های اولیه، رخنمون‌های محدودی از کانی‌سازی مگنتیت در منطقه مورد بررسی، مشاهده و در ادامه عملیات اکتشافی و انجام عملیات مغناطیس‌سنجی زمینی، وجود ذخایر با ارزش آهن در منطقه آشکار شد.

در این منطقه توده‌های نفوذی با ترکیب هورنبلند کوارتز مونزونیت، بیوتیت گرانودیوریت و پیروکسن کوارتز دیوریت در محدوده رخنمون دارند. بخش اصلی محدوده توسط سنگ‌های کربناته پوشیده شده است که گاه به مرمر و به طور محدود به اسکارن تبدیل شده‌اند. کانه‌زایی آهن عمدتاً در همین واحد کربناته دیده می‌شود. مقادیر F_2O_3 بین ۳۱ تا ۹۶ درصد، P_2O_5 حداکثر ۰٫۴۵ درصد و TiO_2 بین ۰٫۰۲ تا ۰٫۵۴ درصد در نمونه‌های کانسنگ متغیر است. بیشترین شدت میدان در منطقه حدود ۷۰۰۰۰ و کمترین آن حدود ۴۰۰۰۰ نانوتسلا اندازه‌گیری شده است. نتایج به دست آمده از حفاری‌های انجام شده، انطباق بسیار خوبی با بررسی‌های مغناطیس‌سنجی دارد و گسترش کانی‌سازی آهن تا عمق ۵۰ متر آشکار شده است. میزان پایین پذیرفتاری مغناطیسی توده‌های نفوذی و آلتراسیون ضعیف آنها نشان می‌دهد که این توده‌ها نقش اصلی در کانی‌سازی آهن ندارند و توده نفوذی مولد کانی‌سازی با فاصله و به احتمال زیاد در اعماق بیشتر قرار دارد.

زیر زون بافق پشت بادام

کانسارهای گل‌منده، زیرکوه، رباط پشت بادام، حدید زرنده، مهزمین، کوه برفکار و چاروک در این زیر زون ایران مرکزی قرار می‌گیرند. سنگ میزبان این کانسارها عمدتاً شیست، گرانیت، آمفیبول، سنگ آهک و دولومیت می‌باشد و سن آنها از پروتروزوئیک تا کامبرین پیشین می‌باشد.

کوه گل‌منده در ۱۵ کیلومتری شمال شرق ساغند دارای یکی از اندیس‌های آهن نسبتاً مهم شناخته شده توسط شرکت ملی فولاد می‌باشد که همچون بسیاری از معادن و اندیس‌های آهن آن ناحیه در زون ایران مرکزی واقع شده است. ناحیه ساغند بواسطه قدیمی بودن سازندها و عملکردهای متعدد ماگماتیسم و متامورفیسم در منطقه، پیچیدگی‌های بسیاری دارد که بررسی‌های دقیق را با دشواری‌هایی روبرو می‌کند. برآمدگی گنبدمانندی که در شمال شرق ساغند، کوه گل‌منده نامیده می‌شود شامل مجموعه‌ای از گنیس‌ها، آمفیبولیت‌ها، مرمرها و شیست‌هایی است که بخشی از آن را به مجموعه پشت‌بادام و بخشی دیگر را به سری بنه‌شور نسبت می‌دهند. این کوه در قسمت جنوبی خود دارای تپه آهنی است که بطور کل از کانه‌های آهن به همراه درصد کمتری گانگ است و بنام اندیس آهن گل‌منده شناخته می‌شود و حفاری‌ها و ترانشه‌های اکتشافی متعددی روی آن به چشم می‌خورد. چند صد متر دورتر بر فراز صخره‌ای مرمریتی رخنمون‌هایی از مگنتیت به همراه کانیهای اسکارنی گارنت، اپیدوت و زئوئیریت دیده می‌شود که در مجموع سیمای یک کانسار اسکارنی را به این اندیس می‌بخشد. کوه گل‌منده در زونی واقع شده که بین دو غسل اصلی پشت بادام و کلمرد قرار گرفته است و شامل رخنمون مجموعه‌هایی از کهن‌ترین سنگ‌های دگرگونه ایران که با سازندهای تاشک و بنه‌شور شناخته می‌شوند، می‌باشند و تعداد بسیار زیادی از اندیس‌ها و معادن مهم آهن ایران مرکزی همچون چغارت، چادر ملو، سه‌چاهون، میشدوان، چاه گز، دوزخ دره و ... در این منطقه قرار دارند و یکی از ایالت‌های فلززایی آهن ایران در این منطقه و در زمان پرکامبرین - کامبرین می‌باشد (لطفی و همکاران، ۱۳۷۷).

زون افیولیتی

کانسارهای اسکندیان و شرق غسل جیرفت با سنگ‌های میزبانی از مجموعه افیولیتی و سنگ‌های دگرگونی همراه با آمفیبولیت و گرانیتوئید با سن کرتاسه و کانسار خالو حیدر با سنگ میزبان کوارتزیت، شیست و مرمر دولومیتی به سن پروتروزوئیک پسین در این زون قرار می‌گیرند.



زون البرز

اگرچه ذخایر اسکارن متعددی به دنبال روند کلی تاریخ تکتو ماگمایی در سرتاسر ایران پراکنده شده‌اند، اما بیشتر آنها فاقد تناژ کافی برای بهره برداری اقتصادی هستند. بسیاری از کانسارهای اسکارن، مانند آنهایی که حاوی Cu-Fe هستند، در منطقه آذربایجان البرز در شمال غربی ایران واقع شده‌اند. برخی از کانسارهای اسکارن آهن در کمر بند ارومیه- دختر (کانسارهای آهن نیاسر در کاشان، کانسار داران در اصفهان و کانون شهرک در منطقه زنجان) و در منطقه سنگان واقع شده‌اند. این کانسارها از نظر مکانی و زمانی مربوط به ماگماتیسم سنوزوئیک است که در زون ارومیه- دختر، البرز و شرق زون ایران مرکزی بسیار گسترده بوده است.

کانسارهای زگیلک اهر، جوبند، چشمه قان، امیرچی، مردانال و شمال برازین که همگی در استان آذربایجان شرقی واقع هستند در این زون قرار دارند. اطلاعات تکمیلی در مورد سنگ میزبان و سن آنها در جدول ۲-۴ آورده شده است.

جدول ۲-۴- مشخصات کانسارهای آهن زون البرز و غرب البرز

نام کانسار	سنگ میزبان	سن سنگ میزبان
زگیلک اهر	توف، داسیت	ائوسن
جوبند	داسیت، تراکیت	ائوسن
چشمه قان	سنگ آهک	پالئوسن پسین
امیرچی	سنگ‌های ولکانیک و ولکانوکلاستیک و سنگ آهک	کرتاسه-ائوسن
مردانال (مردانقم)	سنگ آهک	کرتاسه
شمال برازین	گرنودیوریت، سنگ آهک	الیگومیوسن-کرتاسه

زیر زون خزر تالش زیوه

کانسارهای وایان، تاتارود و بیروز با سنگ میزبان سنگ آهک و سنگ‌های ولکانیکی و رسوبی به سن کرتاسه در این زیرزون از زون البرز قرار می‌گیرند.

زون البرز شرقی

کانسار ابوذر در استان خراسان رضوی با سنگ‌های میزبانی به سن کرتاسه و اندیس ورچه در استان خراسان شمالی با سنگ میزبان‌های رسوبی به سن هولوسن در این زون قرار دارند.

کانسار اسکارن آهن ابوذر در فاصله ۱۱۰ کیلومتری شمال غرب مشهد و ۱۰ کیلومتری شمال شرق روستای شترسنگ واقع شده است. اسکارن آهن نوع کلسیم‌دار در سنگ آهک کرتاسه زیرین تشکیل شده است. اگزواسکارن شامل زون‌های: گارنت اسکارن، گارنت-ایدوکلاز اسکارن، پلاژیوکلاز اسکارن، اکتینولیت اسکارن، زونزیت اسکارن و زونزیت-اپیدوت اسکارن می‌باشد. گرانیات، گرانودیوریت پورفیری، کوارتز مونزونیت پورفیری، سینودیوریت و سینیت پورفیری شناسایی شدند. سینیت و سینودیوریت از نوع آلکالن و گرانیات، گرانودیوریت و کوارتز مونزونیت از نوع ساب آلکالن هستند. کانسار ابوذر از نوع اسکارن آهن فاقد مس و طلا شناسایی شد که کانه اصلی آن تنها مگنتیت می‌باشد. مقدار متوسط آهن حدود ۴۱/۳ درصد است (پناهی شهری و همکاران، ۱۳۸۹).

سنندج سیرجان

در این زون که از کرمان تا آذربایجان غربی کشیده شده است کانسارهایی نظیر چاه بنه، آق‌بلاغ، کورکورا، قطور شاهین دژ، صاحب، عشوند، چنارعلیا، کوه سرمه علی، خسروآباد و ... در این زون قرار دارند.

معدن آهن گل‌گهر در شهرستان سیرجان، ۵۵ کیلومتری جاده سیرجان- شیراز واقع شده است. کانسار سنگ آهن گل‌گهر در جنوب غربی شهرستان سیرجان و در حاشیه زون دگرگونی سنندج- سیرجان واقع شده است. کانی اصلی این کانسار مگنتیت است و هماتیت به صورت ثانویه از اکسیداسیون آن ایجاد شده است. سایر کانی‌های فلزی شامل لودویگیت، پیریت، پیروتیت، پنتلاندیت، کالکوپیریت، کالکوپروتیت، برنیت، کولیت و والریت است. سیمان اصلی این کانسار تالک، سرپانتین، کلریت است.

منطقه معدنی و صنعتی گل‌گهر با داشتن معادن غنی از سنگ آهن به عنوان یکی از مطرح‌ترین قطب‌های فعال معدنی، صنعتی در خاورمیانه است که دارای قابلیت‌های بسیاری برای تبدیل شدن به یک منطقه بزرگ ورقابتی در سطح ایران و حتی جهان می‌باشد. این شرکت در حال حاضر با ظرفیت تولید بیش از ۱۵ میلیون تن کنسانتره و بیش از ۱۰ میلیون تن گندله بزرگترین تولیدکننده کشور می‌باشد. این معدن با ذخیره زمین‌شناسی ۱۰۱۹ میلیون تن، ذخیره قطعی ۱۰۰۰ میلیون تن و ذخیره احتمالی ۲۱۹ میلیون تن بزرگترین معدن شناخته شده سنگ آهن خاورمیانه است.



پرکامبرین-پالئوزوئیک

کانسارهای چاه بنه، نصر، کان گوهر، ظفرآباد، صاحب و قطور شاهین دژ با سنگ‌های میزبان (گرانیت، گرانودیوریت، آمفیبول، متابازالت، مرمر، گنیس، میکاشیست) به سن پالئوزوئیک و کانسار آق‌بلاغ با سنگ میزبان (گرانیت، دولومیت) به سن پرکامبرین در این دسته قرار دارند.

منطقه معدنی کان گوهر در ۲۴۲ کیلومتری شمال شهرستان شیراز واقع شده است. این کانسار از دیدگاه ساختاری در محدوده زون سندانج-سیرجان و در بخشی از کمپلکس توتک قرار می‌گیرد. این کمپلکس شامل واحدهای سنگی گرانیت-گنیس، مرمر و میکاشیست می‌باشد. بر اساس مطالعات سنگ نگاری، کانی‌های اصلی شامل کلسیت، دولومیت، گارنت، اکتینولیت، مگنتیت و هماتیت می‌باشد. مهم‌ترین بافت‌های موجود در ماده معدنی مارتیزاسیون و جانیشینی است. بر اساس مشاهدات صحرایی و کانی‌شناسی، کانه زایی در این منطقه از نوع اسکارن آهن از نوع اسکارن کلسیک می‌باشد (تقی پور و همکاران، ۱۳۹۱).

مزوزوئیک

از کانسارهای دره موستان، عشوند، چنارعلیا، باباعلی، کوه سرمه علی، سراب ۳، قره‌بلاغ اسدآباد و خسروآباد با سنگ میزبان سنگ‌های ولکانیکی، متاریولیت، متاندزیت، دیوریت، سنگ آهک و مرمر با سن تریاس، ژوراسیک و کرتاسه می‌توان نام برد.

سنوزوئیک

کانسارهای بندنو، بوانات، تخت، کورکورا و ابراهیم آباد با سنگ‌های میزبانی نظیر آندزیت، داسیت، ریولیت، میکاشیست، مرمر، سنگ آهک و ترکیبات رسوب آواری همگی با سن ائوسن تا کواترنری در این بخش قرار می‌گیرند.

کانسار آهن کورکورا در شرق شهرستان تکاب استان آذربایجان غربی و در زون آتشفشانی ارومیه-دختر قرار گرفته است. واحدهای رخمون یافته منطقه مورد مطالعه شامل سنگ‌های آتشفشانی کالک‌آلکالن با ترکیب غالب ریولیت، آندزیت، داسیت و سنگ‌های کربناتی سازند قم است که به علت نفوذ سنگ‌های آذرین درونی با ترکیب دیوریت تا گرانودیوریت و کوارتز دیوریت در مجموعه فوق، ضمن ایجاد دگرگونی همبری و متاسوماتیسم موجب تشکیل کانی‌های اکتینولیت، تالک، کلریت، فلوگوپیت، کوارتز، اپیدوت و مرمر در همبری توده نفوذی شده است. منطقه مورد مطالعه شامل یک زون اسکارنی و کانسنگ آهن است. کانی‌های کانسنگ در کانسار کورکورا شامل مگنتیت با تیتانیم پایین (۰/۴ تا ۲/۰ درصد وزنی)، آپاتیت به مقدار بسیار اندک (به عنوان

کانی فرعی)، کانی‌های سولفیدی از جمله پیریت و کالکوپیریت است. کانی‌هایی از جمله کالکوسیت، ملاکیت، آزوریت، کوولیت، هماتیت و گوتیت در اثر فرآیندهای هوازدگی و سوپرژن شکل گرفته‌اند. کانی‌های زون اسکارنی شامل گارنت، پیروکسن، کلسیت ثانویه، اپیدوت و کلریت است و زون دگرگونی نیز شامل مرم‌های منطقه است. دگرسانی‌های سرسیتی، سیلیسی، کلسیتی، کلریتی- اپیدوتی، آرژیلی، پروپلیتی و اکتینولیتی از دگرسانی‌های مهم در این کانسار است. وسعت دگرسانی کلریتی- اپیدوتی و کلسیتی در کانسنگ و پروپلیتی در سنگ‌های آتشفشانی منطقه بیشتر از سایر دگرسانی‌هاست. شواهد مینرالوگرافی و ژئوشیمیایی کانسنگ، رخداد آهن در همبری کربنات‌ها و شواهد کانی‌های اسکارنی، گواه بر منشأ اسکارنی در کانسار کورکورا است (معانی جو و سالمی، ۱۳۹۲).

زیر زون بیستون

در این زیرزون می‌توان از اندیس اوشان پیری بوانات استان فارس با سنگ میزبان سنگ آهک به سن کرتاسه نام برد.

زون ارومیه دختر

به استثنای کانسار سه راهان با سنگ میزبان دولومیت به سن تریاس و اندیس ارجین با سنگ میزبان دولومیت به سن پرکامبرین پیشین، سایر کانسارها مانند دره رحیم، بند نرگس، سورک، نوکه، سمنان، کمری، زکلیکه، پهناور، برازین و هیزو با سنگ‌های میزبانی نظیر آندزیت، فیلیت، ماسه سنگ، کوارتزیت، سنگ آهک، داسیت، گرانودیوریت و سنگ آهک با سن سنوزوئیک می‌باشند.

کانسار آهن دره رحیم در ۲۵ کیلومتری جنوب شهر کاشان و حاشیه توده نفوذی قهرود قرار دارد. واحدهای سنگی محدوده شامل مجموعه‌ای از واحدهای قدیمی شامل متامورف آندزیتی، تناوب ماسه‌سنگ‌های کوارتزیتی و کربناته کرتاسه هستند. توده نفوذی اصلی دارای بافت گرانولار دانه متوسط تا دانه درشت و ترکیبی از گرانودیوریت، تونالیت و گرانیت بوده که توسط دایک‌های داسیت- ریوداسیت قطع شده است. تأثیر توده نفوذی در میان لایه‌های آهکی ائوسن موجب شکل‌گیری فرایند اسکارن‌زایی و تشکیل اسکارن آهن- مس دره رحیم شده است. طبق مطالعات مینرالوگرافی، ماده معدنی به‌طور عمده از مگنتیت تشکیل شده است و هماتیت، گوتیت و کانی‌های سولفیدی مانند کالکوپیریت، پیریت و کانی کربنات مس (ملاکیت) نیز آن را همراهی می‌کنند. ماده معدنی بافت توده‌ای، عدسی، رگه- رگچه‌ای و دانه پراکنده دارد. مجموعه کانی‌های کلریت از دگرسانی پیروکسن، گارنت، مگنتیت از کانی‌هایی هستند که در مرحله پیشرونده اسکارن‌زایی تشکیل



می‌شوند کلسیت، کوارتز، اپیدوت، ترمولیت- اکتینولیت (به‌صورت ثانویه) کانی‌های سولفیدی (کالکوپیریت، پیریت، کوولیت...) در مراحل آخر فاز پیشرونده یا در ابتدای مرحله تأخیری تشکیل می‌شوند. همبستگی ژئوشیمیایی نسبتاً بالایی بین عناصر اسکارن‌ساز (Fe, Cu, Co, Ni) برقرار است و می‌توان بر اساس آن نوع اسکارن آهن- مس کلسیمی را اثبات کرد (شجاعیان، ۱۳۹۷).

زون سیستان

کانسارهای زابلی، محمدآباد و خاک سرخ‌گراغه خونیک که همگی در استان سیستان و بلوچستان قرار دارند و با سنگ میزبان گرانیتوئید، فلیش‌های رسوبی و سنگ آهک به سن کرتاسه پسین تا ائوسن در دسته کانسارهای نوع اسکارن قرار می‌گیرند.

۲-۲-۴- کانسارهای خاکی-رسوبی

به جز کانسار ققنوس به سن نئوپروتروزوئیک پسین عمده کانسارهای آهن از نوع خاکی رسوبی در محدوده سنی کواترنری و سنوزوئیک هستند و در زیرزون یزد و بافق- پشت بادام، سیستان و ایران مرکزی واقع شده‌اند.

زیرزون یزد

کانسارهای خاکی- رسوبی در محدوده زیرزون یزد شامل عقیق سنگان، محمدآباد سنگان، خواف، کال جانی، مرغزار و در منطقه‌ای که از رسوبات به سن کواترنری پوشیده شده‌اند گسترده شده‌اند و از نظر زمین شناسی این رسوبات کواترنری عمدتاً شامل رسوبات آبرفتی، پهنه ماسه‌ای و گراول است.

زون ایران مرکزی

کانسارهای دیبا و باران به سن کواترنری و کانسارهای مرج و چاه شور به سن ائوسن با میزبانی سنگ‌های آبرفتی جوان، ماسه سنگ، ماسه سنگ قلوهای و آرنایت و همچنین کانسار پلاسز ققنوس در منطقه شمال شرقی زون ایران مرکزی و با میزبانی سنگ‌های دگرگون شده در زون ایران مرکزی واقع شده‌اند.

زون سیستان

تنها کانسار خاکی-رسوبی واقع شده در زون سیستان مرمر کوه به سن ائوسن. رسوبات دربرگیرنده این کانسار عمدتاً کنگلومرا است.

۲-۲-۵- کانسارهای دریایی رسوبی

تنها دو ذخیره آهن شامل کهک و گزل در از نوع دریایی-رسوبی در ایران شناخته شده‌اند که هر دو در زون سنگ‌های دگرگونه سنج-سیرجان واقع شده‌اند. کانسار کهک در مجاورت کانسار راوه در استان مرکزی و یک کیلومتری جنوب غرب شهرستان راوه واقع شده است. سن سنگ میزبان کرتاسه و زمین شناسی منطقه شامل لایه‌های دولومیتی زرد رنگ، سنگ آهک‌های اربیتولینا دار بیومیکریتی با میان لایه‌های مارن و ماسه سنگ است. اندیس گزل در به سن کرتاسه پیشین توسط رسوبات سنگ آهک اربیتولینا دار احاطه شده است.

کشور

معدنی

کشافات

فصل سوم

بلوک های آهن دار ایران

شناسی

زمین

سازمان

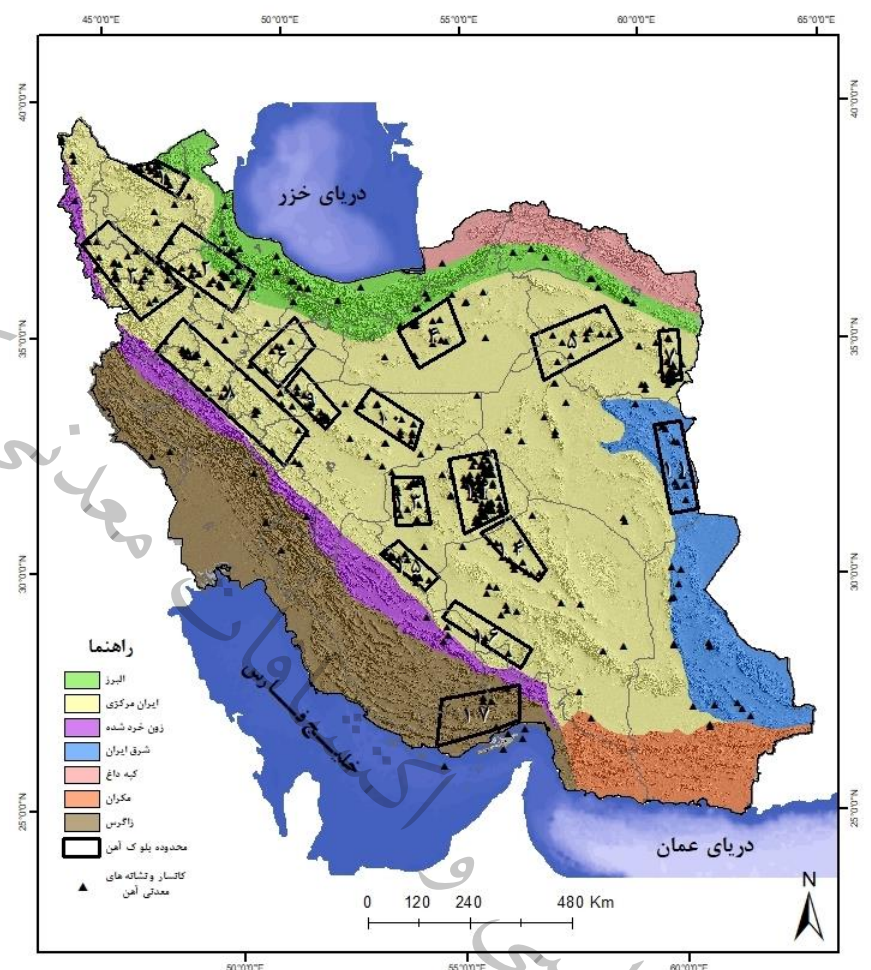
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۳-۱- مقدمه

براساس پارامترهایی چون پتانسیل ذاتی زون‌های ساختاری از جنبه منابع آهن، واحدهای زمین شناسی مستعد، پتانسیل‌های اقتصادی شناخته شده شامل کانسارها، معادن در حال بهره‌برداری و اندیس‌ها، تعداد ۱۷ بلوک در ایران پیشنهاد شده است که از نظر پتانسیل آهن قابل بررسی و مطالعات اکتشافی است. از بلوک‌های معرفی شده فقط بلوک ۱۱ در زون فلیشی شرق ایران و بلوک ۱۷ در جنوب زون زاگرس چین خورده واقع شده است. در بلوک ۱۴ پارامتر پتانسیل زون ساختاری (بافق- پشت بادام) بر سایر معیارها مثل رخنمون واحد سنگی مستعد و توزیع نشانه‌های آهن، غلبه دارد. پراکندگی سایر بلوک‌ها در محدوده زون ایران مرکزی و کمان ماگمایی ارومیه دختر است.

همانطور که در شکل ۳-۱ نشان داده شد، بلوک‌ها از شماره ۱ تا ۱۷ به ترتیب از شمال به جنوب شماره گذاری شده‌اند. در جدول ۳-۱ اطلاعات مربوط به مختصات رئوس هر بلوک، مساحت، تعداد کانسار و تیپ غالب کانسارهای واقع در هر بلوک آورده شده است. در ادامه به شرح مختصری در مورد ویژگی‌های زمین شناسی و اقتصادی هر بلوک می‌پردازیم.



شکل ۳-۱- موقعیت بلوک‌های آهن در ایران

جدول ۳-۱- مختصات و مساحت و تیپ غالب کانسارها در هر بلوک

مختصات رئوس (دسیمال دگری)			تیپ غالب کانساری	تعداد کانسار و اندیس در محدوده بلوک	مساحت (کیلومتر مربع)	نام بلوک
عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی		دگرگونی مجاورتی و اسکارن	۱۴	۵۳۰۳	۱
38.9811819	46.79464196	A				
38.67488018	47.63585904	B				
38.26760648	47.39774748	C				
38.7895702	46.00668968	D				
37.68117213	47.51808454	A				



36.71386019	49.52118788	B	آشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	۲۴	۲۱۲۸۸	۲
35.88910363	49.00663795	C				
36.9381366	46.93852942	D				
37.61421682	45.5572305	A	آشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال و دگرگونی مجاورتی و اسکارن	۱۹	۲۴۱۸۹	۳
36.34096528	47.71183451	B				
35.59875394	46.61143923	C				
37.08739806	44.90763131	D				
36.26299741	54.64130386	A	آشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	۱۳	۱۳۶۶۷	۴
35.33040258	55.06826792	B				
34.78754562	53.88689457	C				
35.55743616	53.34382738	D				
36.02894455	58.76183321	A	آشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال و ماگمایی-هیدروترمال	۱۰	۱۹۳۶۵	۵
35.30796787	59.16158266	B				
34.47991823	57.09467344	C				
35.44359714	56.82376222	D				
35.80528323	50.64587187	A	ماگمایی-هیدروترمال	۵	۱۱۶۶۹	۶
35.201495	51.16637897	B				
34.32704308	50.27705542	C				
34.86548465	49.5216339	D				
35.42260195	60.63728465	A	خاکی-رسوبی	۳۰	۵۴۹۲	۷
34.34708558	60.64204358	B				
34.33756773	60.13759784	C				
35.42260195	60.13759784	D				
35.66377098	47.70559437	A	آشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	۲۴	۳۹۱۰۵	۸
33.4195107	51.04633615	B				
32.66164818	50.50817331	C				
34.93721421	47.07372389	D				
34.72972472	50.83559274	A	دگرگونی مجاورتی و اسکارن	۱۲	۷۷۲۱	۹
33.81363223	51.87303774	B				
33.43767739	51.50660075	C				
34.29190389	50.45487898	D				
34.34470017	52.64154416	A		۱۳	۱۰۰۵۸	۱۰
33.62610294	53.95976556	B				

33.04075553	53.75989083	C	آشفشانی-بروندمی و			
33.85681132	52.25564154	D	رسوبی-هیدروترمال و دگرگونی مجاورتی و اسکارن			
33.48272505	60.53380239	A	ماگمایی-هیدروترمال	۱۳	۱۳۵۵۴	۱۱
31.58625892	60.83956272	B				
31.51966972	60.16260647	C				
33.44703313	59.86279439	D				
33.00376334	55.77935377	A	آشفشانی-بروندمی و	۱۰۳	۱۷۹۱۴	۱۲
31.68376181	56.10496367	B	رسوبی-هیدروترمال و			
31.25569908	55.0266438	C	ماگمایی-هیدروترمال			
32.82971253	54.63236711	D				
32.45659786	53.9617881	A	دگرگونی مجاورتی و اسکارن	۱۳	۸۴۸۵	۱۳
31.46317289	54.17593959	B				
31.43342962	53.30743632	C				
32.44470055	53.21820654	D				
31.58589891	56.17566845	A	آشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال و دگرگونی مجاورتی و اسکارن	۱۲	۹۵۳۰	۱۴
30.44049344	57.0032102	B				
30.22634195	56.83664793	C				
30.68438819	56.00978523	D				
31.26025999	55.44045812	E				
31.09524873	53.37293099	A	آشفشانی-بروندمی و	۱۶	۶۳۵۵	۱۵
30.33084688	54.39312489	B	رسوبی-هیدروترمال و			
30.04250033	54.03394773	C	دگرگونی مجاورتی و اسکارن			
30.82058408	52.94891352	D				
29.82620137	54.77338705	A	آشفشانی-بروندمی و	۵	۱۱۱۰۵	۱۶
28.76377203	56.62341799	B	رسوبی-هیدروترمال و			
28.36997124	56.33133915	C	دگرگونی مجاورتی و اسکارن			
29.45143626	54.47654929	D				
28.01610961	56.29195269	A	آشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	۵	۱۸۵۵۴	۱۷
27.26076236	56.28863976	B				
26.72538564	54.31322942	C				
27.71286196	54.42982301	D				



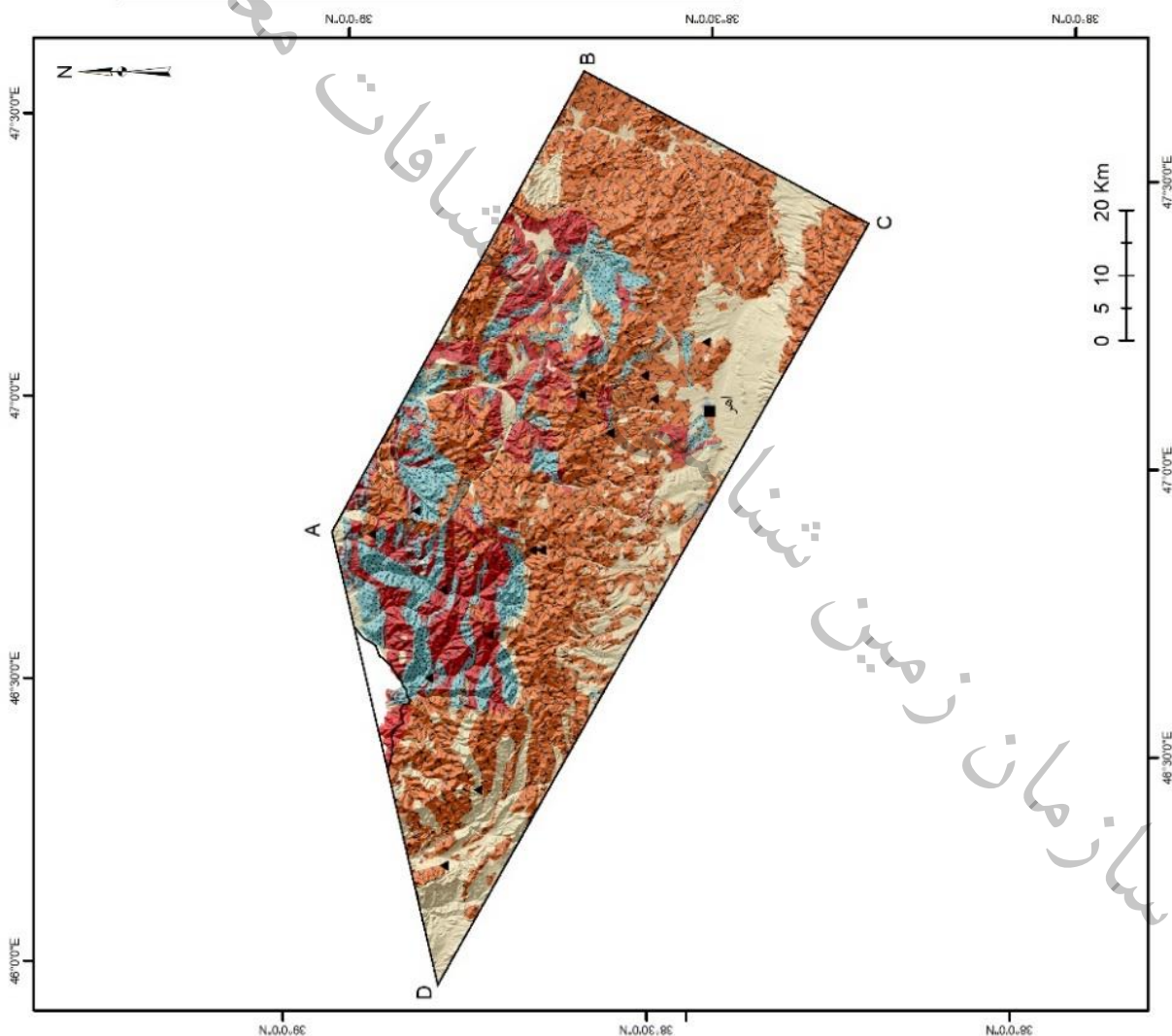
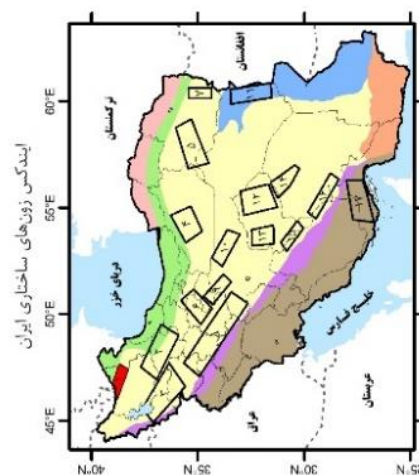
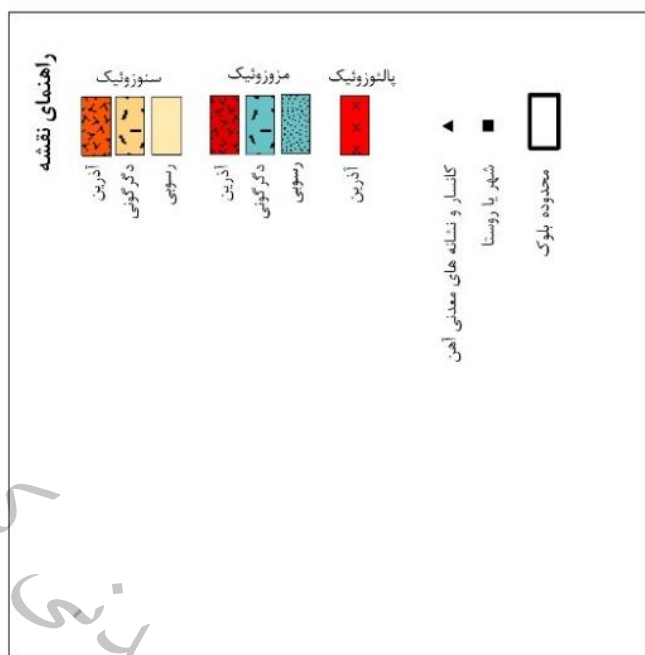
۳-۲- بلوک ۱

بلوک ۱ در شمال شرق استان آذربایجان شرقی واقع شده است. کلیبر و اهر مهم‌ترین شهرهای واقع در این بلوک هستند. واحدهای زمین شناسی پوشاننده این بلوک عمداً شامل بازالت های آندزیتی دگرگونه به سن ائوسن، توف های اسیدی تا بازی به سن کرتاسه و همچنین سنگ آهک ماسه‌ای به سن کرتاسه است. قدیمی‌ترین واحد برونزد یافته در گوشه شمال غربی بلوک، در برگه سیاهرود واقع شده و شامل مجموعه دگرگونی دیاباز، گابرو، آمفیبولیت شیست و مرمر به سن دونین است (شکل ۳-۲).

این بلوک دارای کانسارهایی با ژنز دگرگونی مجاورتی و اسکارن می‌باشند (فقط کانسار سرعین دارای ژنز آتشفشانی- بروندمی و رسوبی- هیدروترمال می‌باشد). سنگ میزبان این کانسارها عموماً سنگ آهک، گرانودیوریت، مرمر و سنگهای ولکانیک و ولکانوکلاستیک می‌باشند. سن سنگ‌های میزبان از کرتاسه تا پالئوژن متغیر است.

برخی از کانه‌زایی‌ها در این بلوک در ایالت متالوژنیک آلپ- هیمالیا و مرتبط با کمر بند فلز زایی اهر- ارسباران است که از پهنه ماگمایی به سن سنوزوئیک نشات می‌گیرد. کانسار مزرعه با کانه‌زایی فلزی به شکل اگزوا سکارن اغلب همراه با دگرسانی‌های سیلیسی، پروپیلیتیک و کلریتی به شکل عدسی و رگه- رگچه‌ای یکی از آنهاست که کانی‌شناسی فلزی آن شامل مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، کوولیت، هماتیت، گوتیت و ملاکیت است. اطلاعات مرتبط با ژنز کانسارهای این بلوک در جدول ۳-۲ آورده شده است.

نقشه زمین شناسی بلوک ۱



شکل ۳-۲- نقشه زمین شناسی بلوک ۱



جدول ۳-۲- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱

نوع کانسارها	سنگ میزبان	کرتاسه تا پالئوژن
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	سنگ آهک، گرانودیوریت، مرمر و سنگهای ولکانیک و ولکانوکلاستیک	۱۲
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	لاتیت، ایگنمبریت	۱

۳-۳- بلوک ۲

بیشترین مساحت بلوک ۲ در استان زنجان واقع شده است و بخشی از بلوک در استان آذربایجان شرقی و قزوین قرار دارد. قدیمی‌ترین واحدهای رخمون یافته در این بلوک شامل گرانیت (گرانیت دوران)، توالی میکاشیست و کوارتزیت سبز- خاکستری (سازند کهر)، میکا کوارتز شیست تا کیانیت شیست، مرمر و شیست به سن نئوپروتروزوئیک است. در بخش بیشتر بلوک، واحدهای رسوبی سنوزوئیک و واحد ولکانیک - پیروکلاستیک شامل ریولیت، ریوداسیت و روانه‌های ولکانوکلاستیک به سن الیگوسن گسترده شده است. در بخش جنوب غربی بلوک و حد فاصل روستای قره آغاج و ماه نشان شاهد برونزد افیولیت‌های پالئوزوئیک هستیم (شکل ۳-۳).

کانسارهای موجود در این بلوک از سه نوع ژنز متفاوت می‌باشند. کانسارهای ماگمایی هیدروترمال این بلوک دارای سنگ میزبان‌های ولکانیکی، گرانیتی، مونزونیتی و گرانیتوئید با سن ائوسن (کانسار تکاب ۲ پرکامبرین) می‌باشند. کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن اکثراً دارای سنگ‌های میزبان مانند دولومیت، سنگ آهک، توف، شیل و ماسه سنگ با سن پرکامبرین تا پالئوزوئیک (کانسار قوزلو کرتاسه پسین) می‌باشند و در نهایت کانسارهای آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال دارای سنگ‌های میزبان گرانیتوئید، گرانیت، شیل، دولومیت و فیلیت با سن پرکامبرین و برخی با سن پالئوژن می‌باشند که در جدول ۳-۳ بیان شده است. کانه‌زایی در این بلوک با توجه به وسعت بیشتر آن وسیع‌تر و متنوع‌تر می‌باشد. از مهمترین کانسارهای ماگمایی هیدروترمال این بلوک می‌توان به معدن سرخه دیزج با سه رخمون اصلی و کانی‌هایی شامل مگنتیت، کانی‌های عناصر نادر خاکی (مونازیت)، اورانینیت، کالکوپیریت، کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت، آزوریت، آپاتیت، پیریت، هماتیت و گوتیت و کانی‌های باطله‌ای مانند کوارتز، کلسیت، اپیدوت، ترمولیت، اکتینولیت، اسفن، سریسیت، کلریت و کانی‌های رسی اشاره کرد که شکل کانه‌زایی آن، به صورت توده‌ای، رگه‌ای و رگچه‌ای است و عیار کلی آهن در آن بین ۷۲ تا ۹۲ درصد بیان شده است.

کانسار باشکند از نوع دگرگونی مجاورتی و اسکان است که در واحدهای سنگی شامل سنگ‌های دگرگونه سازند کهر، گرانیت خرم‌دره و دایک آندزیتی قرار دارد و کانی‌های مهم آن شامل مگنتیت، اپیدوت، تالک و بیوتیت است و عیار متوسط آن ۵۶ درصد می‌باشد.

از طرف دیگر کانساری همچون کانسار کاوند از نوع آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال در جنوب باختر شهرستان زنجان، با کانی‌هایی مانند اولیژیست، هماتیت، گوتیت، لیمونیت، باریت، کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت، آزوریت و طلا قابل روئیت است و این کانی‌سازی‌ها به شکل‌های رگه و رگچه‌ای، برشی، پرشدگی فضاهای کارست و عدسی شکل می‌باشد.

جدول ۳-۳- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۲

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پرکامبرین	پالئوزوئیک	مزوزوئیک	سنوزوئیک
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	دولومیت، سنگ آهک، توف، شیل و ماسه سنگ	۳	۲	۱	-
آتشفشانی-برندمی و رسوبی-هیدروترمال	گرانیتوئید، گرانیت، شیل، دولومیت و فیلیت	۶	-	-	۳
ماگمایی هیدروترمال	سنگ‌های ولکانیکی، گرانیتی، مونزونیتی و گرانیتوئید	۱	-	-	۵

۳-۴- بلوک ۳

بیشتر مساحت بلوک ۳ در استان‌های آذربایجان غربی و کردستان قرار دارد. نیمه شمالی بلوک به طور کلی دربردارنده واحدهای سنوزوئیک رسوبی شامل سازندهای قم، سازند قرمز زیرین و سازند قرمز بالایی با سنگ شناسی مارن، مارن ماسه‌ای، ماسه سنگ و سنگ آهک است. در بخش جنوبی بلوک برونزدهایی از سنگ‌های آذرین به سن سنوزوئیک تا پالئوزوئیک از جمله لاوای آندزیتی، پیلو لاوا، میکا شیست، گرین شیست، ریولیت، داسیت و آندزیت است. سنگ‌های نئوپروتروزوئیک در بخش‌های مختلفی از بلوک برونزد دارند که می‌توان به واحدهای رسوبی شامل دولومیت سفید ضخیم لایه و شیل فیلیتی همراه با فیلیت سازند کهر، واحد آذرین شامل گنیس، توف، دیاباز و واحدهای دگرگونی شامل فیلیت، اسلیت، آمفیبولیت شیست و مرمر و واحدهایی از افیولیت اشاره کرد. رخنمون واحدهای دگرگونی پالئوزوئیک در این بلوک چندان قابل توجه نیست ولی در بخش شمال غرب بلوک واحدهای رسوبی پالئوزوئیک به وضوح دیده می‌شوند (شکل ۳-۴).

این بلوک هم شامل سه نوع ژنز کانه‌زایی برای آهن می‌باشد که نوع ماگمایی هیدروترمال تنها در کانسارهای علی‌آباد و تکاب ۱ دیده می‌شود که با داشتن سنگ‌های میزبانی مانند دیاباز، دولومیت، توف، شیل، گرانیتوئید، فیلیت و شیست به سن مزوزوئیک برای تکاب ۱ و پرکامبرین برای علی‌آباد در مرکز و شرق بلوک قرار دارند. از طرفی کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن با سنگ‌های میزبانی مانند سنگ‌های ولکانیک، سنگ‌های کربناته، مرمر، گرانیت و دولومیت با سن پرکامبرین برای آق بلاغ، کرتاسه برای کانسار سراب ۳، پرمین برای ظفرآباد و قطور می‌باشند. اطلاعات کانسارها و سنگ میزبان آنها در جدول ۳-۴ آمده است.



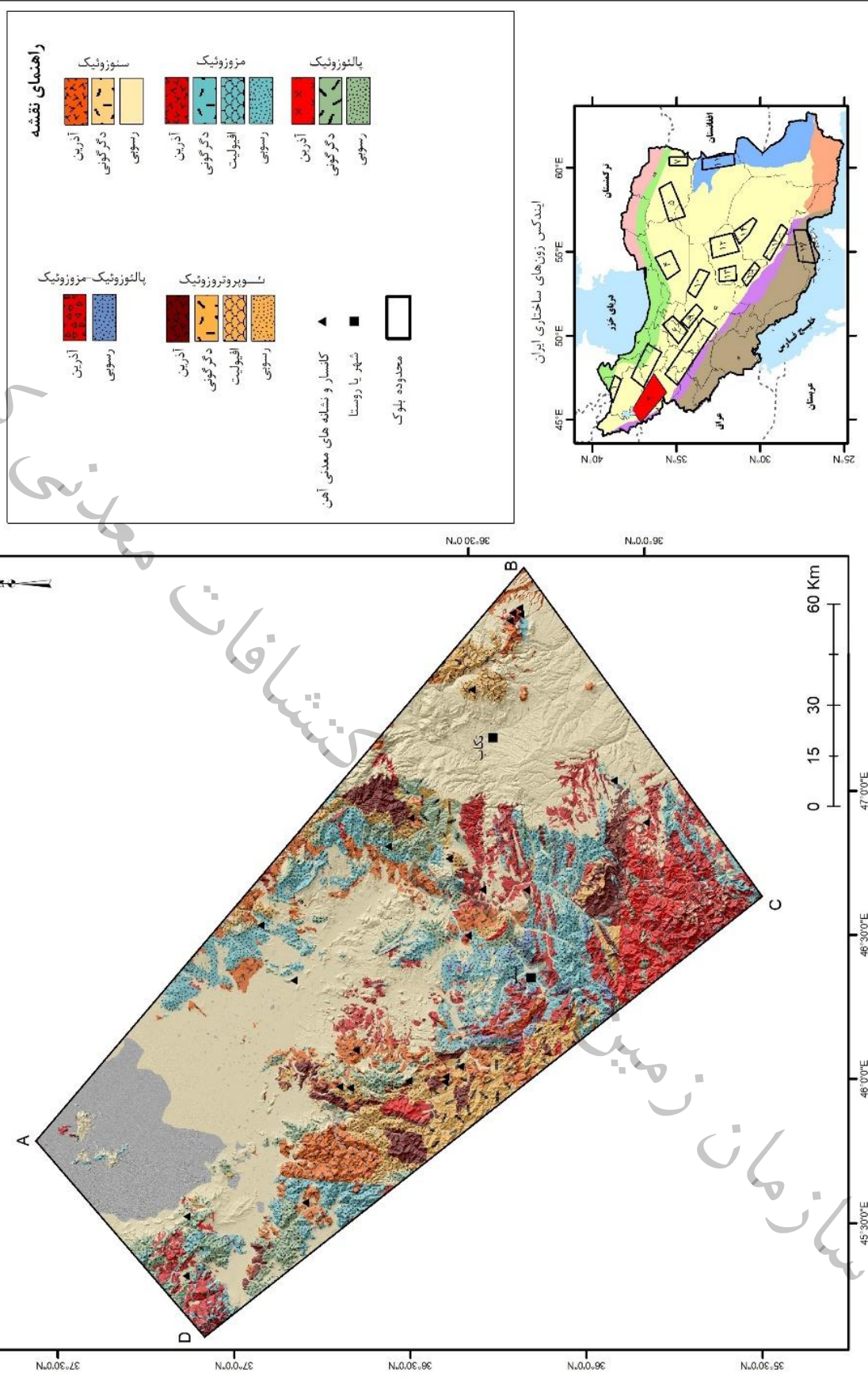
در نهایت کانسارهای نوع آتشفشانی- برونومی و رسوبی- هیدروترمال با سنگ‌های میزبانی مانند آندزیت، ریولیت، دیوریت، سنگ‌آهک، شیل، دولومیت و شیست به سن پرکامبرین (کانسار شهرک میوسن) در این بلوک قرار دارند.

بخشی از کانسارهای آهن این بلوک در کمر بند فلز زایی آهن زون سنندج- سیرجان موسوم به کمر بند فلز زایی همدان- اصفهان- سیرجان قرار دارند. به عنوان نمونه می‌توان کانسار قره بلاغ را نام برد. مطالعات کانه نگاری این کانسار نشان می‌دهد که کانه اصلی مگنتیت می‌باشد که با کانه‌های هماتیت و پیریت همراهی می‌شود. هماتیت، گوتیت و لیمونیت مهم‌ترین کانی‌های ثانویه این کانسار را تشکیل می‌دهند.

در شرق شهرستان تکاب استان آذربایجان غربی نیز کانساری به نام کورکورا قرار دارد که از نوع دگرگونی مجاورتی و اسکان است. این کانسار در زون آتشفشانی ارومیه- دختر قرار گرفته و مهم‌ترین کانی‌های کانسنگ شامل مگنتیت با تیتانیم پایین، آپاتیت به مقدار بسیار اندک (به عنوان کانی فرعی) کانی‌های سولفیدی از جمله پیریت و کالکوپیریت است. کانی‌های کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت، کوولیت، هماتیت و گوتیت در اثر فرآیندهای هوازدگی و سوپرژن شکل گرفته‌اند و از طرفی کانی‌های زون اسکارن شامل گارنت، اپیدوت، کلریت و پیروکسن می‌باشد.

فعالیت‌های ماگمایی گسترده در زون ارومیه- دختر اساساً در سنوزوئیک، منجر به تزریق توده‌های نفوذی متعدد در امتداد این کمر بند و در نتیجه در بسیاری از موارد، باعث اسکارن زایی شده است.

نقشه زمین شناسی بلوک ۳



شکل ۳-۴ - نقشه زمین شناسی بلوک ۳



جدول ۳-۴- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۳

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پرکامبرین	پالئوزوئیک	مزوزوئیک	سنوزوئیک	نامشخص
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	دولومیت، سنگ آهک، توف، شیل و ماسه سنگ	۱	۲	۱	-	۳
آتشفشانی- بروندمی و رسوبی- هیدروترمال	گرانیتوئید، گرانیت، شیل، دولومیت و فیلیت	۶	-	-	۱	-
ماگمایی هیدروترمال	دیاباز، دولومیت، توف، شیل، گرانیتوئید، فیلیت و شیست	۱	-	۱	-	-

۳-۵- بلوک ۴

بلوک ۴ به صورت کامل در استان سمنان قرار گرفته و مرز شمالی این بلوک حد فاصل شهرهای سمنان، امیرآباد و دامغان واقع شده است. با توجه به موقعیت قرار گیری این بلوک، اغلب واحدهای پوشاننده شامل سنگهای رسوبی سنوزوئیک از نوع رس، سیلت و پهنه رسی و واحدهای آواری در سازندهای شمشک، سبزار، سازند قرمز زیرین، زایگون و زیارت است. واحدهای آذرین عمده در بلوک در بخش میانی و شامل لاوا، توف، توف برش و سنگهای آواری سازند کرج و دیگر سنگهای آذرین به سن سنوزوئیک است. سنگهای رسوبی منتسب به دوره مزوزوئیک در بخش شمالی بلوک شامل سازندهای جمال، پادها، شتری و شمشک است. گسترش سنگهای پالئوزوئیک عمدتاً در نیمه جنوبی بلوک صورت گرفته است. تنها در بخش جنوب غربی بلوک رخنمون محدودی از سنگهای پروتروزوئیک با ترکیب گرانیت تا گرانو دیوریت دیده می شود که چندان قابل توجه نیست (شکل ۵-۳).

سه نوع ژنز کانه زایی را می توان در این بلوک یافت. کانسارهای ماگمایی- هیدروترمال اجت آباد و پنج کوه با داشتن سنگهای میزبانی نظیر سنگهای ولکانیک، سینیت، توف، ماسه سنگ و سنگ آهک با سن دونین برای اجت آباد و الیگوسن و ائوسن برای پنج کوه در این بلوک می باشند. کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن همچون چالو و همیرد با سنگهای میزبان مانند توده های آهکی و شیل، سنگهای آتشفشانی و آذرآواری و آندزیت با سن ائوسن از دیگر کانسارهای این بلوک است.

اما بیشتر کانسارهای موجود در این بلوک از نوع آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال می‌باشند و دارای سنگ‌های میزبانی مانند آندزیت، دولومیت، ماسه سنگ، سنگ آهک و شیل با سنین مختلف می‌باشند که در جدول ۳-۵ بیان می‌گردد.

در منطقه جام واقع در شمال شرق شهر سمنان و جنوب جاده ترانزیتی تهران- مشهد تعدادی اندیس، کانسار و معدن آهن وجود دارد. برخی از معادن این منطقه مثل معدن همیرد به علت ترکیب هماتیتی برای مصارف مورد نیاز کارخانه‌های سیمان استفاده می‌شود. از جمله کانسارهای بلوک، کانسار اجت‌آباد است که جهت اکتشاف و شناسایی بیشتر آن، مطالعات مغناطیس‌سنجی در این محدوده انجام شده است. کانی‌سازی آهن در این کانسار از نوع هماتیت و مگنتیت می‌باشد.

اما در ۷۴ کیلومتری شمال شرق سمنان و در ناحیه جام در شمال زون ایران مرکزی کانسار همیرد قرار دارد. حضور گسترده هماتیت همراه با مقادیر فرعی مگنتیت، گوتیت، لیمونیت، پیریت، باریت و کلسیت از مشخصات مهم کانی‌زایی در این کانسار است. کانی‌زایی به شکل رگه‌ای و عدسی‌هایی با ترکیب هماتیت و مقدار کمتر مگنتیت می‌باشد. بر اساس بررسی‌های انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً کانی‌سازی در کانسار همیرد در رده کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن قرار دارد.

جدول ۳-۵- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۴

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پالئوزوئیک	سنوزوئیک	نامشخص
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	توده‌های آهکی و شیل، سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری و آندزیت	-	۲	۱
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	گرانیتوئید، گرانیت، شیل، دولومیت و فیلیت	۱	۳	۱
ماگمایی هیدروترمال	سنگ‌های ولکانیک، سینیت، توف، ماسه سنگ، سنگ آهک و آندزیت	-	۱	۱

۳-۶- بلوک ۵

این بلوک در جنوب غرب استان خراسان رضوی واقع شده است و بخش اندکی از این بلوک در استان سمنان و خراسان جنوبی نیز قرار دارد. در نگاهی به نقشه زمین شناسی بلوک ۵ می‌توان گفت قسمت عمده واحدهای آذرین در میانه بلوک و از شمال شهرستان کاشمر تا شمال بردسکن رخنمون دارند. این ردیف‌های آذرین واقع در شمال کاشمر عمدتاً با ترکیب آندزیت، لاتیت، داسیت، توف، بازالت و گرانودیوریت به سن پالئوژن تا الیگوسن هستند. ردیف‌های شمال بردسکن به دو گروه سنی نئوپروتروزوئیک در پایین با سنگ شناسی متاریولیت، ریوداسیت و ماسه سنگ دگرگونه و توف (سازند تکنار) و مزوزوئیک در بالا با سنگ‌های عمدتاً ولکانیکی است. سنگ‌های رسوبی پالئوزوئیک و مزوزوئیک در نیمه پایینی بلوک رخنمون بیشتری دارند (شکل ۳-۶).

دارای سه نوع کانه‌زایی آهن می‌باشد. نوع دگرگونی مجاورتی و اسکارن تنها در کانسار زبرکوه با سنگ میزبان‌های کربنات‌های دگرگونی دیده می‌شود. کانسارهای ماگمایی-هیدروترمال این بلوک دارای سنگ‌های میزبانی نظیر تراکی آندزیت، توف، دیوریت، گرانودیوریت، شیست، فیلیت، سنگ آهک و دولومیت با سن سنوزوئیک (کانسار ده‌زمان پالئوزوئیک پسین تا تریاس) می‌باشد.

کانسارهای آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال این بلوک هم دارای سنگ‌های میزبانی همچون شیست، سنگ آهک، توف و آندزیت با سنین مختلف که در جدول ۳-۶ مشخص گردیده هستند.

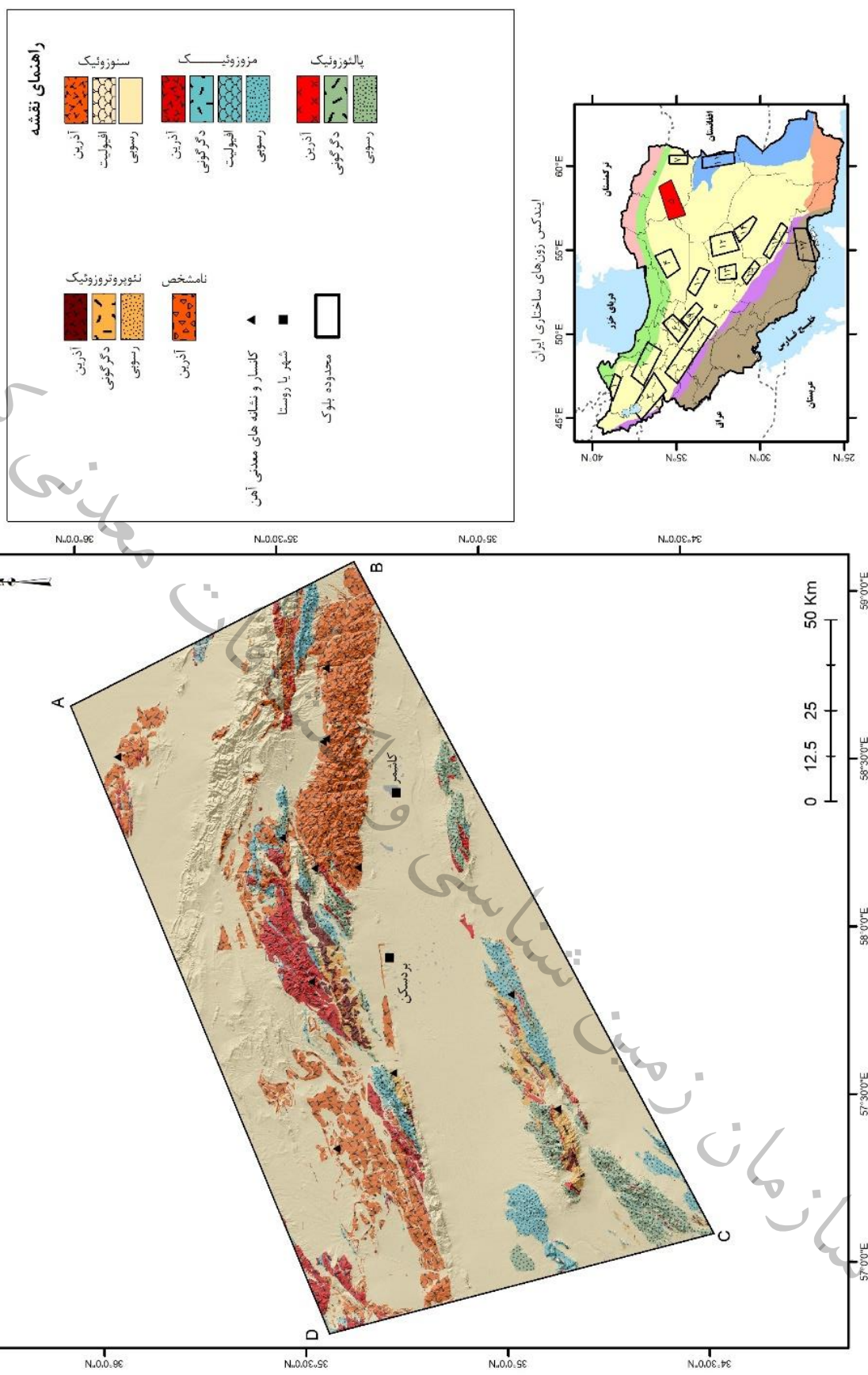


کانه اصلی در کانسنگ‌های آهن کانساری همچون نیزار، هماتیت است که با گوتیت و پیریت همراهی می‌گردد. این کانسار از نوع آتشفشانی-برندمی و رسوبی-هیدروترمال و به صورت لایه‌ای و عدسی در یک زون گسله در ماسه سنگ‌های سازند لالون گسترش یافته است.

در منطقه نامق در شمال شرقی کاشمر، استان خراسان رضوی، و در مرکز کمربند ماگمایی خواف-کاشمر-بردسکن کانه‌زایی از نوع ماگمایی-هیدروترمال دیده می‌شود. زمین‌شناسی منطقه پوشیده از سنگ‌های آتشفشانی ائوسن با ترکیب آندزیت تا ریولیت است که مورد نفوذ توده‌های نیمه عمیق با ترکیب مونزونیت، مونزودیوریت و دیوریت قرار گرفته‌اند. کانی‌سازی در منطقه نامق به دو نوع متفاوت اکسید آهن-مس رگه‌ای و پورفیری احتمالی دیده می‌شود. کانی‌سازی رگه‌ای با امتداد شمال غربی-جنوب شرقی، شیب ۷۵ درجه در پهنه‌های گسلی و در سنگ میزبان تراکی‌آندزیت و توف تراکی‌آندزیتی تشکیل شده است. کانی‌های اولیه شامل اسپیکولاریت، کالکوپیریت و مگنتیت همراه با باطله کوارتز و کانی‌های ثانویه شامل گوتیت، هماتیت و مالاکیت است.

از طرف دیگر در ۴۰ کیلومتری جنوب غرب بردسکن در استان خراسان رضوی، کانسار ماگمایی-هیدروترمال ده‌زمان قرار گرفته که از نظر ساختاری در زون ایران مرکزی و در بخش شمال شرق کمربند تکتونیکی کاشمر-کرمان در ناحیه موسوم به کوه سرهنگی قرار گرفته است. کانی‌سازی در منطقه شامل باند هماتیتی و رگه مگنتیتی است. عیار میانگین آهن در باند هماتیتی ۶۶ درصد است.

نقشه زمین شناسی بلوک ۵



شکل ۳-۶- نقشه زمین شناسی بلوک ۵



جدول ۳-۶- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۵

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پالئوزوئیک پسین- تریاس	مزوزوئیک	سنوزوئیک	نامشخص
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	دولومیت، سنگ آهک، توف، شیل و ماسه سنگ	-	-	-	۱
آتشفشانی- برندمی و رسوبی- هیدروترمال	شیل، دولومیت و فیلیت	۱	۱	۲	-
ماگمایی هیدروترمال	تراکی آندزیت، توف، دیوریت، گرانودیوریت، شیست، فیلیت، سنگ آهک و دولومیت	۱	-	۳	-

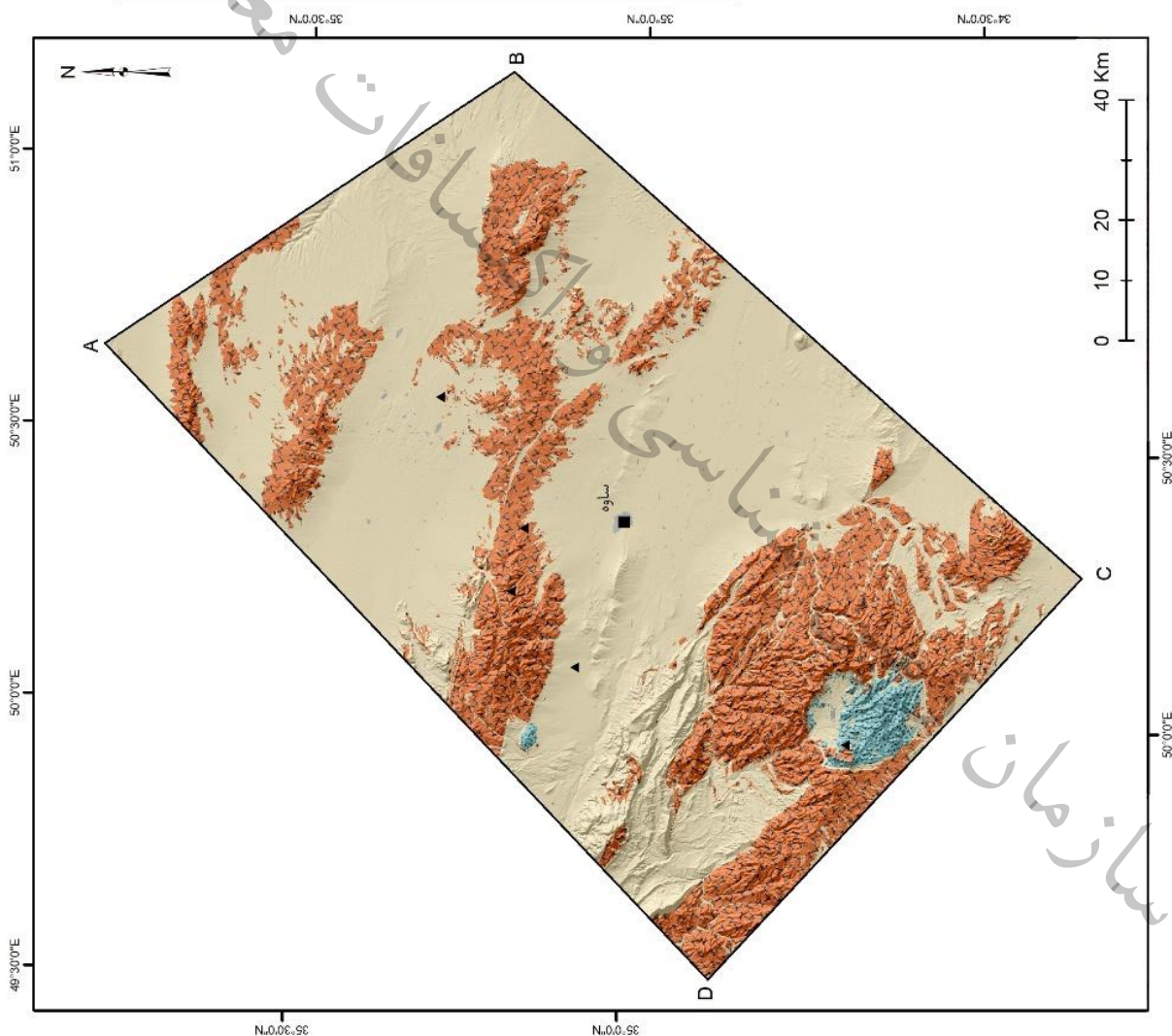
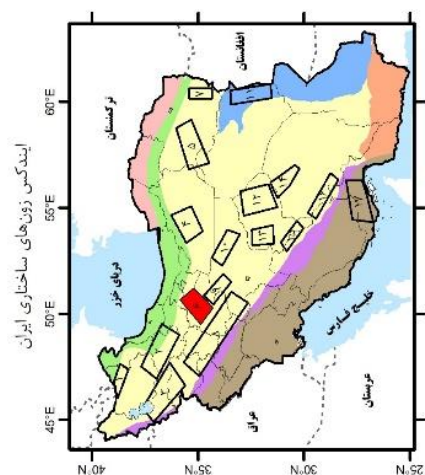
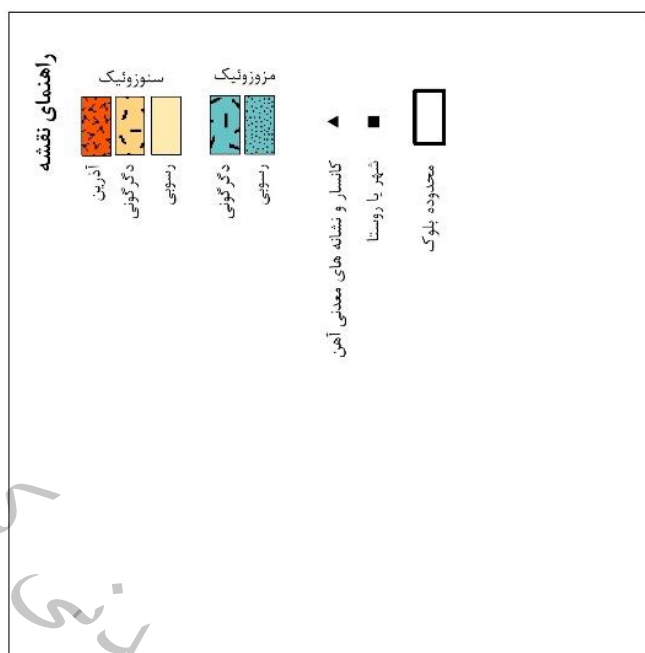
۳-۷- بلوک ۶

این بلوک بخش شمال شرقی استان مرکزی، غرب تهران و شرق استان قم بوده و بخشی از زون البرز را می پوشاند. همانطور که در شکل ۳-۷ مشاهده می شود در این بلوک چندان تنوع زمین شناسی مشهود نیست. در نگاهی کلی می توان سه گروه شامل سنگ های رسوبی و آذرین سنوزوئیک و سنگ های رسوبی مزوزوئیک در نقشه جدا کرد. توالی سنگ های دگرگونه متعلق به دوران مزوزوئیک دارای رخنمون محدودی در حوالی تفرش است که رخنمون محدودی دارد.

سه نوع کانه زایی آهن در این بلوک قابل شناسایی می باشد. کانسار زاغر از نوع دگرگونی مجاورتی و اسکارن با سنگ میزبان شیل، ماسه سنگ و سنگ آهک به سن تریاس در این بلوک واقع شده است. کانسار خاک سرخ مأمونیه نیز تنها کانسار آتشفشانی- برندمی و رسوبی- هیدروترمال این بلوک با سنگ میزبان توف و گدازه های تراکی آندزیتی به سن پلیوسن می باشد. کانسنگ اصلی این کانسار شامل هماتیت به همراه سیلیکای ریزبلور فراوان به صورت لایه ها و میان لایه های ظریف در ضخامت های مختلف و رنگ های متنوع است. کانسار سنگ آهن- خاک سرخ مأمونیه در بخش شمال غربی کمان ماگمایی ارومیه- دختر واقع شده است. این کانسار به طور متوسط دارای ۳۱ درصد آهن است (جدول ۳-۷).

از طرف دیگر، کانسار سیلیچرد (دینارآباد و قزن قیفطان) با سنگ میزبان گرانیت، توف و ترکی آندزیت از نوع ماگمایی- هیدروترمال در این بلوک می باشد.

نقشه زمین شناسی بلوک ۶



شکل ۷-۳- نقشه زمین شناسی بلوک ۶



جدول ۳-۷- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۶

نوع کانسارها	سنگ میزبان	مزوزوئیک	سنوزوئیک	نامشخص
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	دولومیت، سنگ آهک، توف، شیل و ماسه سنگ	۱	-	-
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	گرانیتوئید، گرانیت، شیل، دولومیت و فیلیت	-	۱	-
ماگمایی هیدروترمال	دیاباز، دولومیت، توف، شیل، گرانیتوئید، فیلیت و شیست	-	-	۲

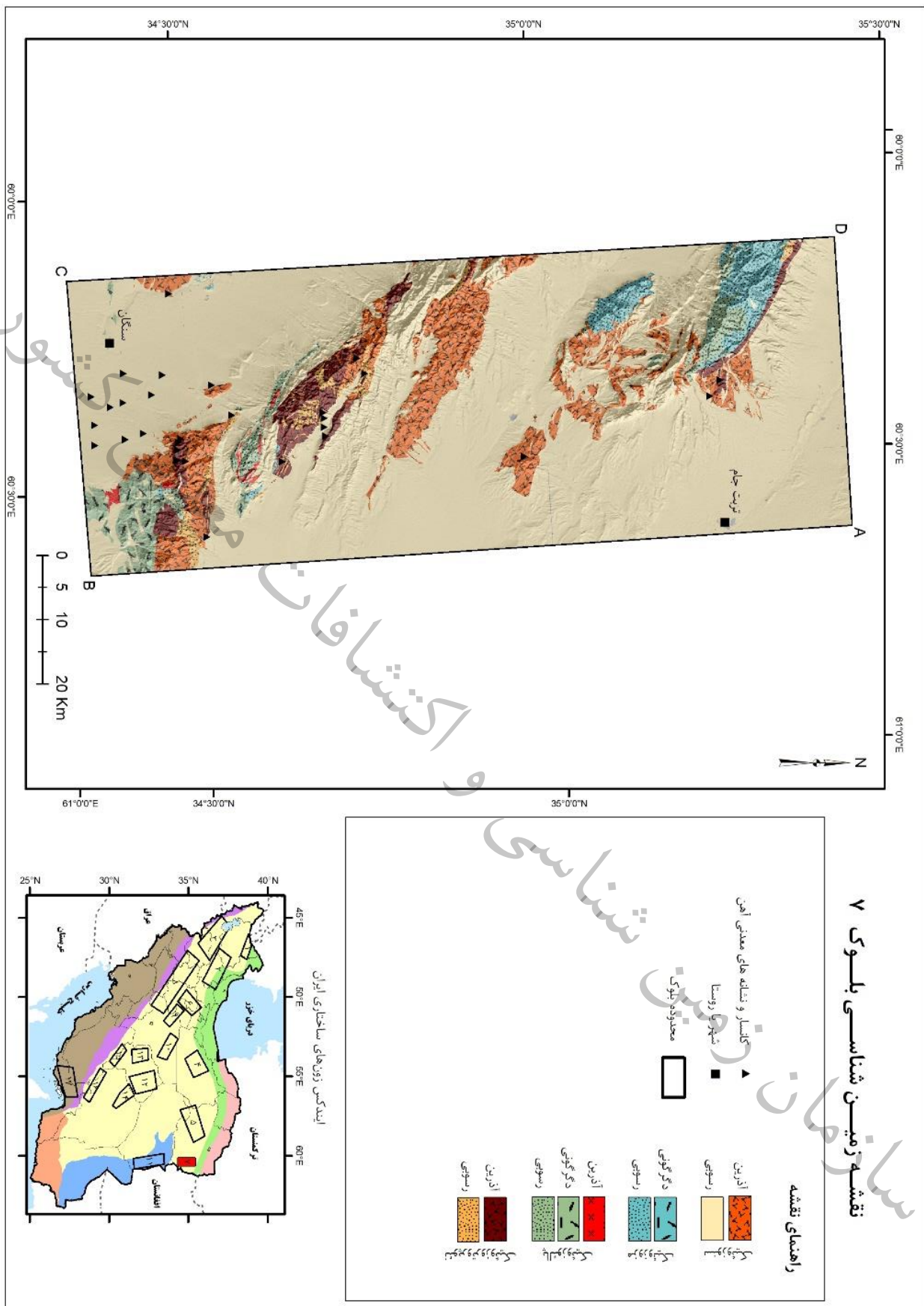
۳-۸- بلوک ۷

بلوک ۷ در جنوب شرق استان خراسان رضوی قرار گرفته است. جوان ترین واحدهای زمین شناسی منطقه شامل سنگهای رسوبی و آذرین سنوزوئیک هستند. واحدهای آذرین یاد شده که در میانه بلوک و از بالا تا پایین گسترش یافته اند به سن پالئوسن تا ائوسن و دارای ترکیب عمده آندزیت، بازالت، ایگنمبریت، داسیت، توف و میکروریولیت است. مجموعه سنگهای رسوبی به سن مزوزوئیک و پالئوزوئیک عمدتاً دارای ترکیب سنگهای آواری هستند و در شمال بلوک دیده می شوند. سنگهای دگرگونه متعلق به دوره پالئوزوئیک در جنوب بلوک مورد اشاره و برگه یکصد هزار موسی آباد رخنمون دارند و شامل واحدهای کالک شیست سازند سردر به سن کربونیفر است. قدیمی ترین واحدهای برونزد یافته نیز متعلق به نهشته های پروتروزوئیک پسین است که در برگه خواف شامل مجموعه آتشفشانی- رسوبی که به صورت محلی دگرگون شده است (شکل ۳-۸).

این بلوک چهار نوع رزن متفاوت از کانسارهای آهن را در بر می گیرد. کانسارهای ماگمایی- هیدروترمال این بلوک شامل کانسار ققنوس با سنگ میزبان سیلت سنگ به سن نئوژن و کانسار گزستان با سنگ میزبان کمپلکس های رسوبی متاولکانیکی به سن نئوپروتوزوئیک پسین می باشد.

کانسارهای سنگان، خواف و فرزنه از نوع دگرگونی مجاورتی و اسکارن با سنگهای میزبانی همچون شیل، سیلت سنگ، گرانیت، گارنت و آمفیبول با سنین متفاوت که در جدول ۷-۳ بیان شده در این بلوک قرار گرفته است. معدن سنگ آهن سنگان در حدود ۳۰۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد و ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی خواف در استان خراسان رضوی قرار دارد. این معدن در شرق کمر بند آتشفشانی- نفوذی خواف- کاشمر-

بردسکن در شمال گسل درونه واقع شده است. چند آنومالی کوچک نیز در شرق معدن به نام‌های فرزنه، معدن جو، سم‌آهنی و سنج‌دک وجود دارد. کانه اصلی کانسنگ را مگنتیت تشکیل می‌دهد. کانسارهای خاکی- رسوبی این بلوک شامل معادن پلاسری متعدد در رسوبات کواترنری جنوب و جنوب شرق معدن سنگان می‌باشند. در نهایت در این بلوک کانسارهای آتشفشانی- برون‌دیمی و رسوبی- هیدروترمال با سنگ‌های میزبانی از قبیل آندزیت، سیلت‌سنگ، توف و شیل با دوره‌های سنی مختلف (جدول ۳-۸) را می‌توان اشاره کرد.



جدول ۳-۸- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۷

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پرکامبرین	سنوزوئیک	نامشخص
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	شیل، سیلت‌سنگ، گرانیت، گارنت، آمفیبول	۱	۲	-
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	آندزیت، سیلت‌سنگ، توف، گرانیت، شیل	-	۵	۵
ماگمایی هیدروترمال	سیلت‌سنگ و کمپلکس‌های رسوبی متاولکانیکی	۱	۱	-
خاکی-رسوبی	آلوویال	۱	۱۱	-

۳-۹- بلوک ۸

این بلوک از نظر مساحت گسترده‌ترین بلوک است که شش استان همدان، کردستان، کرمانشاه، اصفهان، مرکزی و لرستان را دربر می‌گیرد. با توجه به موقعیت این بلوک و قرارگیری در زون سنندج سیرجان، سنگ‌های دگرگونی به سن پالئوزوئیک تا مزوزوئیک گسترش قابل توجهی یافته‌اند. در محدوده ورقه یکصد هزار توپسرکان رخنمون گرانیت-گرانودیوریت الوند به سن پالئوسن دیده می‌شود. همچنین می‌توان به شیست، اسلیت و فیلیت‌های همدان نیز اشاره کرد که در برکه‌های یکصد هزار توپسرکان، همدان و نهاوند گسترش قابل توجهی یافته‌اند. در شمال غربی ورقه یکصد هزار توپسرکان ردیفی از سنگ‌های دگرگونه شامل سنگ آهک دگرگونه، سنگ آهک دولومیتی مرمری شده، سنگ‌های آذرین دگرگونه، شیست، کالک شیست و آمفیبولیت تحت عنوان مجموعه دگرگونی چنارشیخ و سن پیش از تریاس پسین برونزد دارند. قدیم‌ترین واحدهای دگرگونه رخنمون یافته در محدوده بلوک ۸ دربردارنده سنگ نهشته‌های متادولومیت، مرمر، آمفیبولیت و شیست به سن نئوپروتروزوئیک است که در برکه‌های یکصد هزار گلپایگان، الیگودرز و دلیجان دیده می‌شوند (شکل ۳-۹).

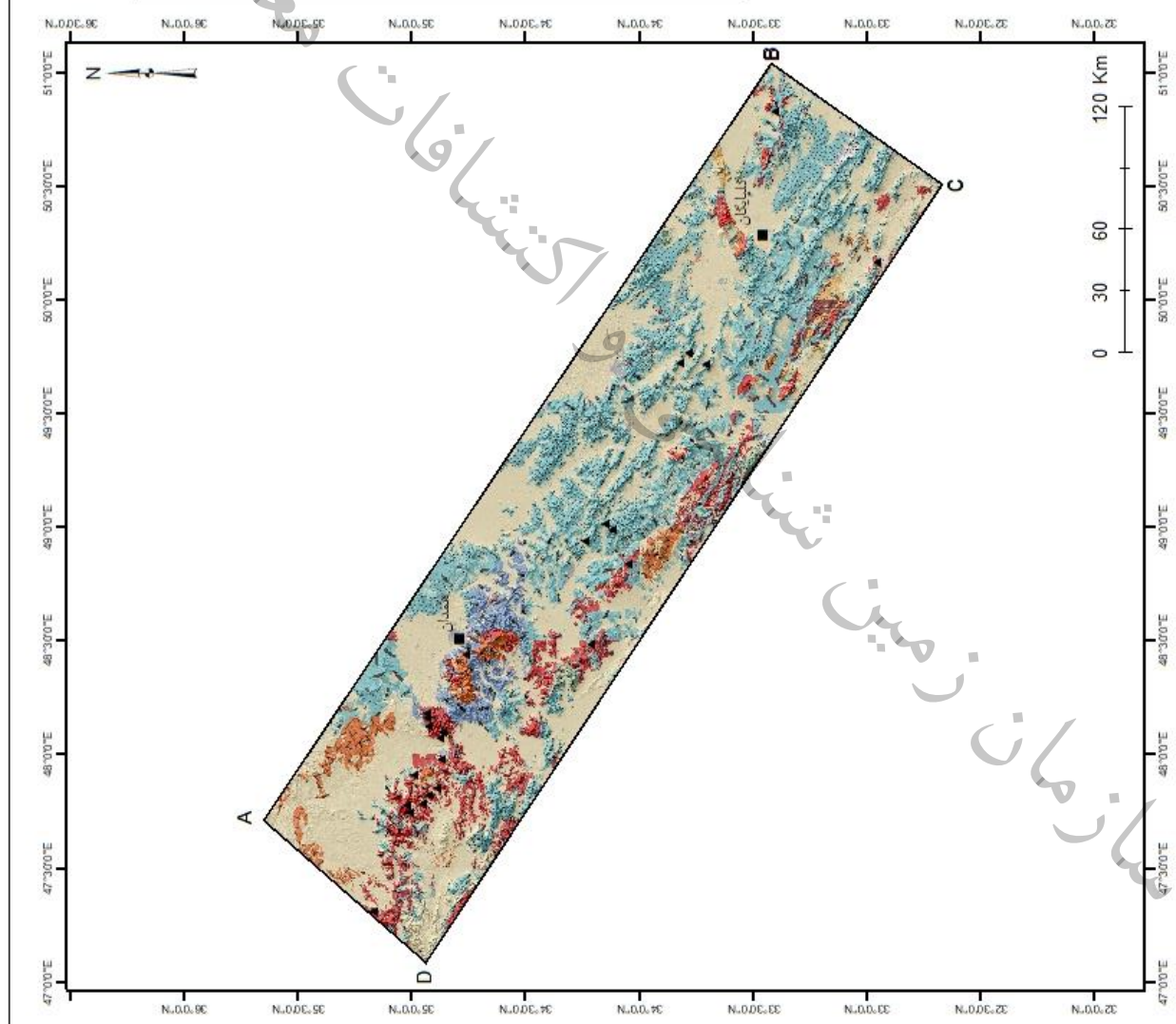
این بلوک چهار نوع کانه‌زایی را در برمی‌گیرد. تنها کانسار گزlder با سنگ میزبان ماسه سنگ به سن کرتاسه از نوع دریایی-رسوبی است. کانسارهای ماگمایی-هیدروترمال این بلوک دارای سنگ‌های میزبانی نظیر گرانیتوئید، سنگ آهک، فلیش و شیل به سن مزوزوئیک می‌باشند. در جنوب غرب میمه کانساری از این نوع واقع شده که در مجموع ماده معدنی ذخیره آن سنگ آهن هماتیتی منگنز دار است و منشأ احتمالی آهن هماتیتی میمه را می‌توان به توده نفوذی حسن رباط در این منطقه که به صورت توده نفوذی ماگمایی دیده می‌شود نسبت داد.



کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن نیز با سنگ‌های میزبانی همچون سنگ آهک، دیوریت، مرمر، متاندزیت و متاریولیت به سن مزوزوئیک (کانسار باباعلی به سن پالئوزوئیک پیشین تا کرتاسه پسین) در این بلوک می‌باشد. زون ساختاری سنندج سیرجان یکی از عوامل کانی‌زایی آهن در این بلوک است کانسارهایی همچون باباعلی و چنارعلیا در استان همدان از این گونه هستند. منشأ این کانسارها اسکارنی است و کانه اصلی مگنتیت می‌باشد.

در نهایت آخرین نوع مربوط به کانسارهای آتشفشانی - برونیمی و رسوبی - هیدروترمال است که دارای سنگ‌های میزبانی مانند سنگ آهک، دولومیت، ریولیت، مرمر، تراکیت، متاندزیت و متاریولیت با سنین متفاوت (جدول ۳-۹) می‌باشد. از این نوع می‌توان به کانسارهایی همچون گلالی و همه‌کسی اشاره کرد. کانسار آهن گلالی در شمال باختری همدان و در زون زمین‌شناسی ساختاری سنندج - سیرجان واقع شده است. کانی‌سازی در میان سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی سری سنقر به سن پرموتریاس رخ داده است. از سمت دیگر کوه آلماقولاق مرتفع‌ترین کوه در شمال غرب همدان است و انواع سنگ‌های رسوبی، دگرگونی و آذرین در این منطقه یافت می‌گردد که در این میان سری سنگ‌های آذرین درونی از تنوع و گستردگی بیشتری برخوردار هستند و شامل انواع سنگ‌های اسیدی، حد واسط می‌باشد. علاوه بر تنوع سنگ‌شناسی در منطقه کانسار کوچک آهن همه‌کسی تنها رویداد فلزی شناخته شده در این محل است.

نقشه زمین شناسی بلوک ۸



شکل ۹-۳- نقشه زمین شناسی بلوک ۸



جدول ۳-۹- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۸

نوع کانسارها	سنگ میزبان	کامبرین	پالئوزوئیک-مزوزوئیک	مزوزوئیک
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	سنگ آهک، دیوریت، مرمر، متاآندزیت و متاریولیت	-	۱	۵
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	سنگ آهک، دولومیت، ریولیت، مرمر، گرانیتوئید، تراکیت، متاآندزیت و متاریولیت	۱	۱	۱۱
ماگمایی هیدروترمال	گرانیتوئید، سنگ آهک، فلیش و شیل	-	-	۳
دریای-رسوبی	ماسه سنگ	-	-	۱

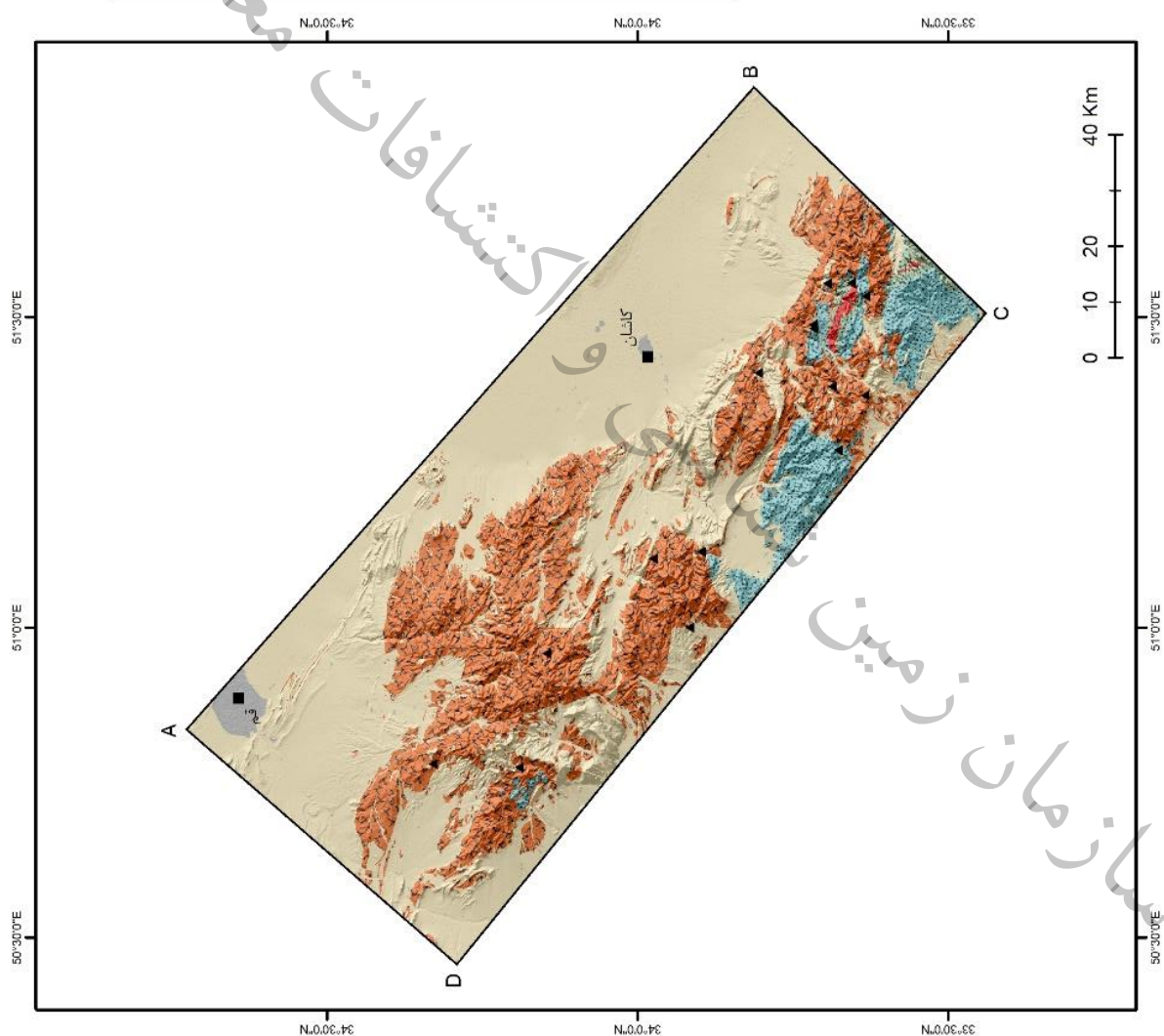
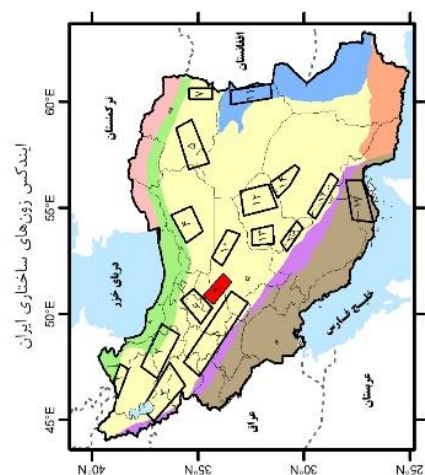
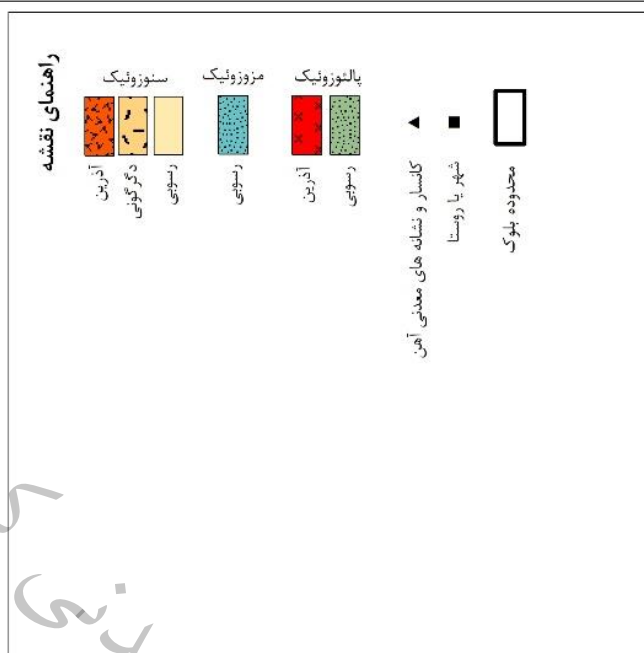
۳-۱۰- بلوک ۹

این بلوک در سه استان قم، مرکزی و اصفهان واقع شده است و غیر از واحدهای رسوبی سنوزوئیک که اکثر گستره بلوک را پوشانده است، واحدهای رسوبی مزوزوئیک شامل سازندهای شمشک، نایبند و شتری در بخش جنوبی بلوک ۹ برونزد دارند. همانطور که در شکل ۳-۱۰ مشاهده می کنید واحدهای آذرین به سن سنوزوئیک پراکندگی گسترده ای دارند و ترکیب کلی آن شامل بازالت، توف، سنگ های پیروکلاستیک و سنگ های نفوذی است. در جنوب بلوک مورد نظر و در گستره ورقه یکصد هزار کاشان، سنگ نهشته های ولکانیکی دگرگونه شامل متابازالت، متاآندزیت و سنگ های پیروکلاستیک که جزی از سازند نیور به سن سیلورین است، رخنمون دارند (شکل ۳-۱۰).

در این بلوک سه نوع کانه زایی دیده می شود که البته کانسار ورتاوه تنها کانسار از نوع ماگمایی-هیدروترمال با سنگ میزبان توف آهکی و سیلیسی میوسن زیرین می باشد. این کانسار در ۲۵ کیلومتری جنوب شهر کاشان، ۸ کیلومتری جنوب شرقی شهر قمصر و در کمربند آتشفشانی- نفوذی ارومیه-دختر واقع شده است. ماده معدنی بطور عمده از مگنتیت تشکیل شده که در بخش هایی با هماتیت و کانی های سولفیدی شامل پیریت و کالکوپیریت و کانه های ثانویه مالاکیت، لیمونیت، گوتیت و اکسیدهای منگنز همراه است.

کانسارهای آتشفشانی- بروندمی و رسوبی- هیدروترمال این بلوک دارای سنگ های میزبانی همچون ماسه سنگ، سنگ آهک، توف، بازالت و آندزیت با سن سنوزوئیک می باشند و در کمربند ماگمایی ارومیه- دختر قرار دارند ولی کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن با سنگ میزبان شیل، ماسه سنگ، سنگ آهک، دولومیت و آندزیت دارای سن مزوزوئیک (کانسار دره رحیم به سن ائوسن) هستند. کانساری همچون اندیس آهن کامو در شمال شرق میمه نیز در کمربند فلز زایی ارومیه- دختر قرار دارد و عمده ترین کانی های این منطقه مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، پیریت، کالکوپیریت، کائولینیت و هالوزیت است (جدول ۳-۱۰).

نقشه زمین شناسی بلوک ۹



شکل ۳-۱۰ - نقشه زمین شناسی بلوک ۹



جدول ۳-۱۰- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۹

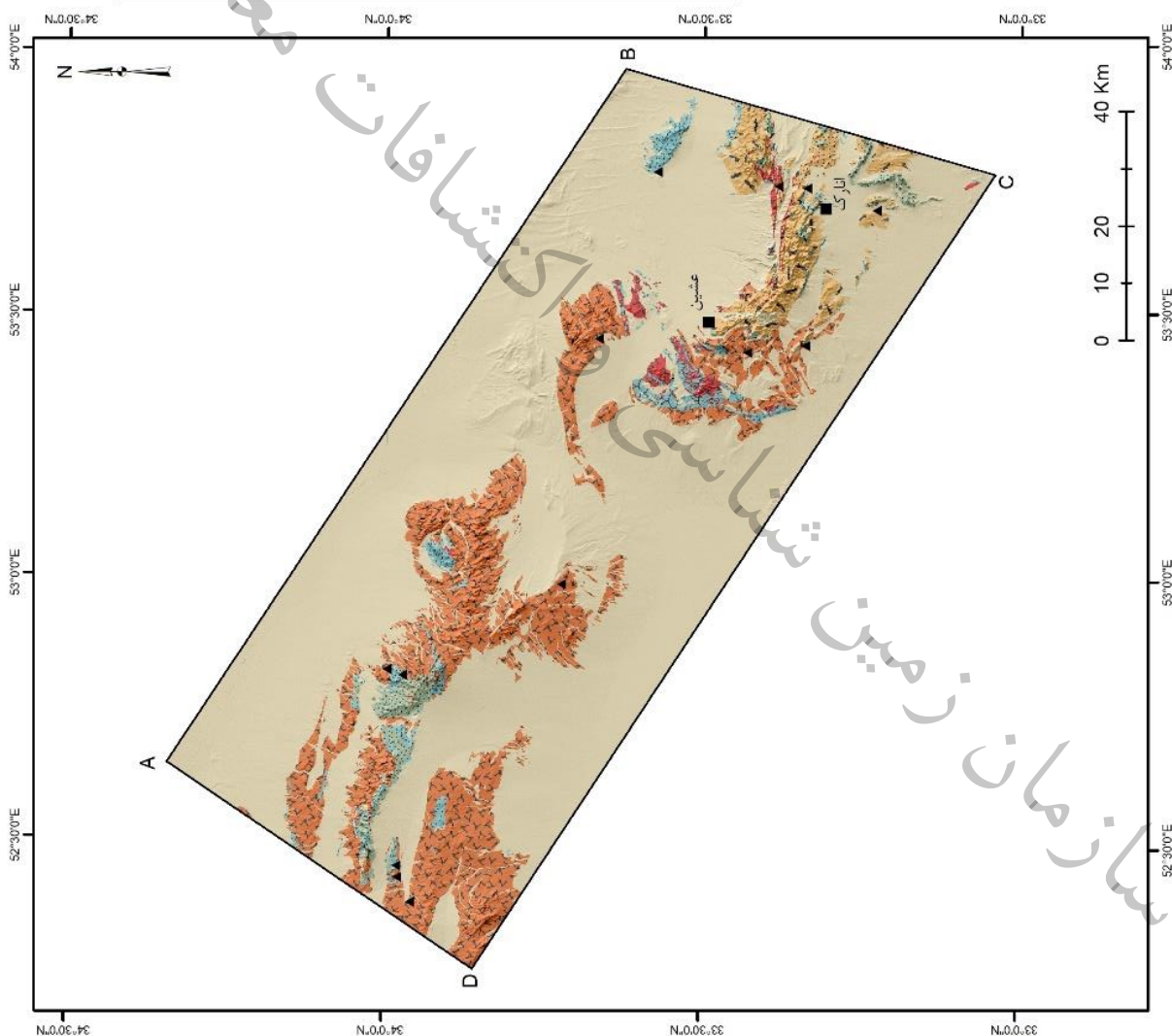
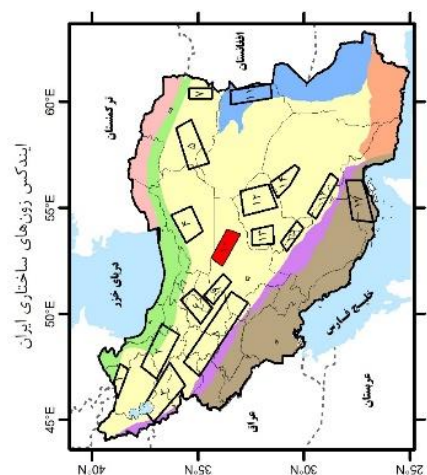
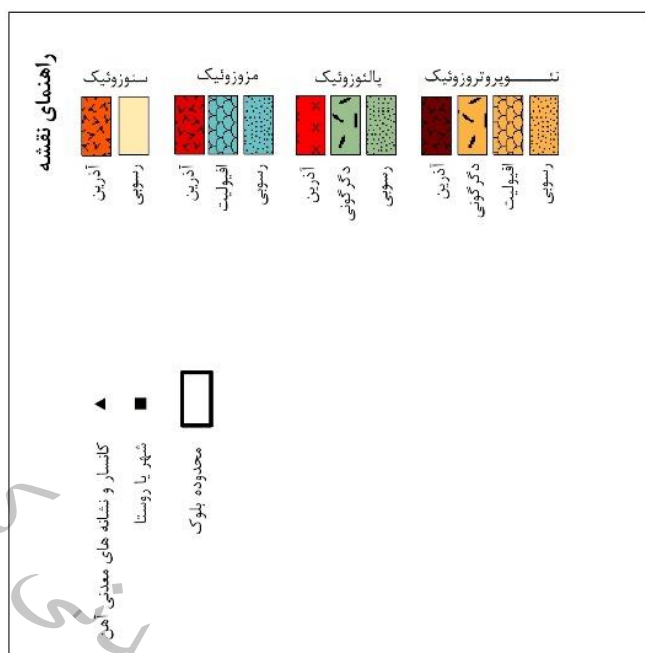
نوع کانسارها	سنگ میزبان	مزوزوئیک	سنوزوئیک	نامشخص
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	شیل، ماسه سنگ، سنگ آهک، دولومیت و آندزیت	۴	۲	-
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	ماسه سنگ، سنگ آهک، توف، دیاباز، گرانیتوئید، بازالت و آندزیت	-	۲	-
ماگمایی هیدروترمال	توف آهکی و سیلیسی	-	۱	-

۳-۱۱- بلوک ۱۰

این بلوک در شمال استان اصفهان و حدفاصل انارک تا دریاچه نمک واقع شده است. با توجه به موقعیت قرارگیری این بلوک بخش عمده نهشته‌های رسوبی سنوزوئیک این بلوک متشکل از تخریبی‌ها، رسوبات بادی، کویر و آبرفت‌های سخت نشده عهدحاضر است. سنگ نهشته‌های مزوزوئیک و پالئوزوئیک در این بلوک گسترش چندانی ندارند و به جز در بخش شمالی بلوک و افیولیت‌های برونزد یافته در بخش جنوبی چندان قابل توجه نیست. در محدوده برگه‌های یک صدهزارم انارک، عشین و نخلک چندین مجموعه دگرگونی شامل چاه گربه، محمدآباد، مرغاب و پتیار به سن نئوپروتروزوئیک و ترکیب سنگ شناسی موسکوویت شیست، کلریت شیست و مرمر رخنمون یافته‌اند که در شکل ۳-۱۱ قابل مشاهده‌اند.

بلوک فوق دارای سه نوع کانه‌زایی می‌باشد. کانسارهای آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال با سنگ‌های میزبانی مانند آندزیت، توف، مرمر، شیست و سنگ آهک در سنین مختلف (جدول ۳-۱۱) در این بلوک قرار گرفته‌اند. از طرفی کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن نیز با سنگ میزبان دیوریت، گرانودیوریت، سنگ آهک، شیست، سنگ‌های ولکانیکی و دگرگونه قابل روئیت هستند. نهایتاً کانسار ماگمایی-هیدروترمال با سنگ میزبان گرانودیوریت، سنگ آهک و فیلیت در شمال غرب این بلوک قرار دارند.

نقشه زمین شناسی بلوک ۱۰



شکل ۱۱-۳ - نقشه زمین شناسی بلوک ۱۰



جدول ۳-۱۱- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۰

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پرکامبرین	پرکامبرین- کامبرین	پالئوزوئیک	مزوزوئیک	سنوزوئیک	نامشخص
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	دیوریت، گرانودیوریت، سنگ آهک، شیست، سنگ‌های ولکانیکی و دگرگونه	۱	۱	-	-	-	۳
آتشفشانی- برون‌دمی و رسوبی- هیدروترمال	آندزیت، توف، مرمر، شیست و سنگ آهک	-	۲	-	۲	۱	۱
ماگمایی هیدروترمال	گرانودیوریت، سنگ آهک و فیلیت	-	-	۱	-	۱	-

۳-۱۲- بلوک ۱۱

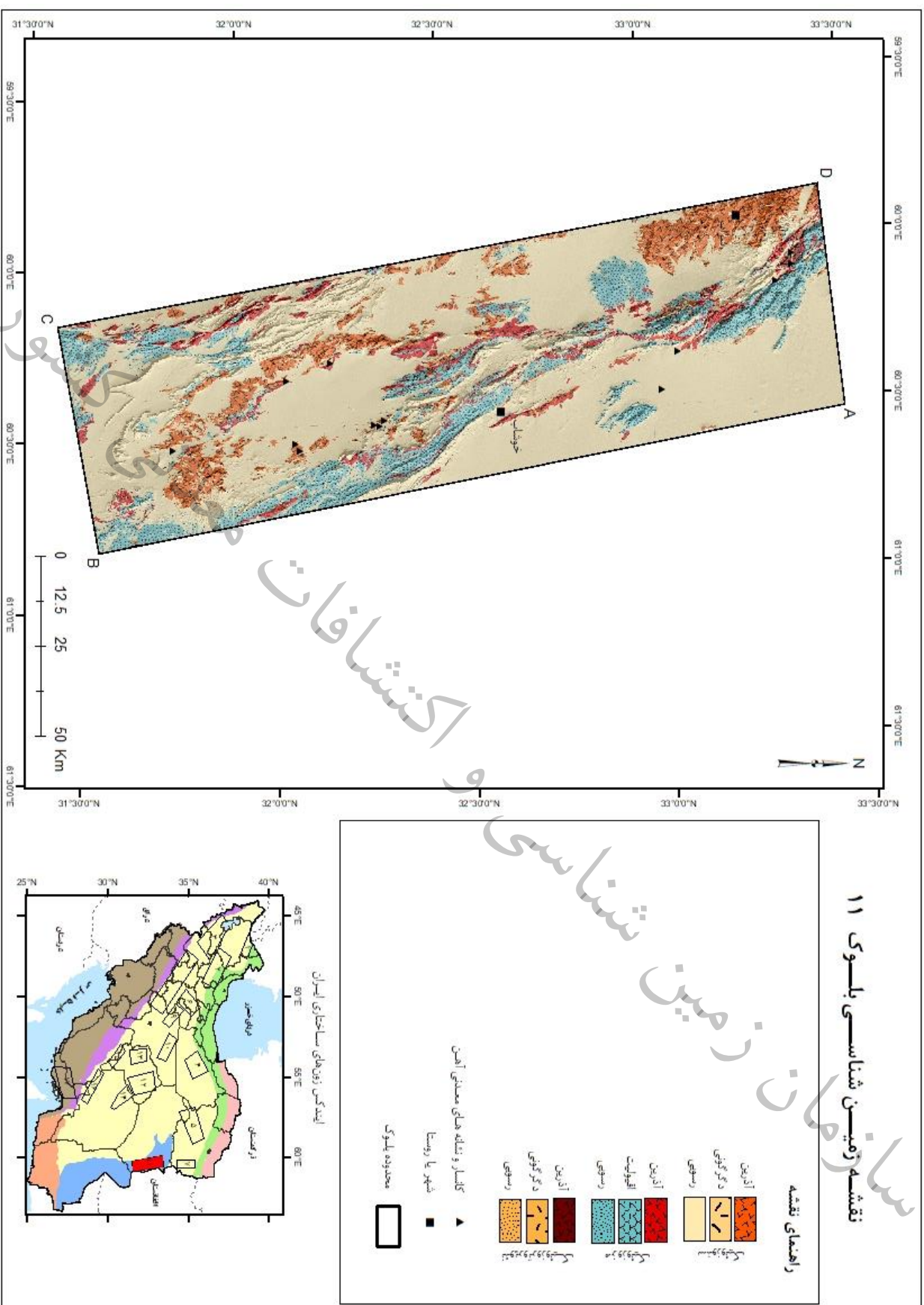
بلوک ۱۱ در شرق استان خراسان جنوبی و در زون ساختاری شرق ایران واقع شده است. با توجه به موقعیت قرارگیری این بلوک در زون شرق ایران شاهد برونزد سنگ‌های افیولیتی از زمان به سن مزوزوئیک هستیم. سنگ‌های افیولیتی نام برده به صورت نواری در امتداد بلوک از شمال به جنوب کشیده شده‌اند. ترکیب سنگی این واحدهای افیولیتی شامل آمفیبولیت شیست، بلوک‌های سنگی با ماتریکس سرپانتینی، لیستوینیت و در بخش‌های ملانژهای افیولیتی تفکیک نشده است. واحدهای دگرگونه در این بلوک گسترش قابل توجهی ندارند و شامل اسکارن، مرمر و فیلیت هستند که در سراسر بلوک به طور پراکنده رخمون دارند. حجم زیادی از سنگ‌های آذرین رخمون یافته در بلوک به سن سنوزوئیک و مزوزوئیک و کمتر به سن نئوپروتروزوئیک هستند که به موازات امتداد بلوک کشیده شده‌اند (شکل ۳-۱۲).

در این بلوک چهار نوع کانه‌زایی عمده قابل اشاره است. کانسار مرمرکوه از نوع خاکی- رسوبی بوده و سنگ میزبان آن کنگلومرا به سن ائوسن می‌باشد. کانسار گزیک ۱ از نوع آتشفشانی- برون‌دمی و رسوبی- هیدروترمال با سنگ میزبانی به سن مزوزوئیک دیگر کانسار این بلوک می‌باشد.

در قسمت شمالی این بلوک، به عبارتی در حاشیه غربی بخش‌های میانی رشته کوه آهنگران (رشته کوه آهنگران با طول حدود ۳۰ کیلومتر و روند شمال، شمال غرب- جنوب، جنوب شرق در حاشیه شمال شرقی بلوک لوت قرار گرفته است) رخمون‌هایی از کانی‌سازی مگنتیت دیده می‌شود که از نوع دگرگونی مجاورتی و اسکارن با سنگ میزبان عموماً شیست، گابرو و مرمر می‌باشد.

آخرین نوع، کانسارهای ماگمایی هیدروترمال می‌باشند که عموماً دارای سنگ میزبان دیوریت و سینیت به سن سنوزوئیک هستند (جدول ۳-۱۲).

شکل ۳-۱۲ - نقشه زمین شناسی بلوک ۱۱





جدول ۳-۱۲- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۱

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پرکامبرین	پالئوزوئیک	سنوزوئیک
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	شیست، گابرو و مرمر	۱	۱	-
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	دیوریت، سینیت و گابرو	-	-	۱
ماگمایی هیدروترمال	دیوریت و سینیت	-	-	۳
خاکی-رسوبی	کنگومرا	-	-	۱

۳-۱۳- بلوک ۱۲

این بلوک در شمال شرقی استان یزد و از شمال خرانق تا رباط پشت بادام، بهاباد و جنوب شرقی بافق محدود استان یزد کشیده شده است. همانطور که در شکل ۳-۱۳ نشان داده شده است تنوع واحدهای زمین شناسی در این بلوک نسبتاً زیاد است و در همه محدوده سنی سنوزوئیک تا نئوپروتروزوئیک انواع سنگهای آذرین، رسوبی و دگرگونی رخنمون دارند. در جنوب شرقی بلوک یاد شده توالی سازند بیابانک به سن اوائل کرتاسه، در شمال، کنگلومرای کرمان به سن پالئوسن- ائوسن، سازندهای شمشک و سنگستان در جنوب شرق، شتری، سلطانیه و تفت برونزد دارند. گرانیت زریگان و کمپلکس چاپدونی جز مهمترین ردیفهای آذرین برونزد یافته در این بلوک هستند. همچنین از کمپلکس بنه شور در محدوده برگه یکصد هزار آریز و کمپلکس میشدوان با ترکیب کلی مرمر و گنیس در برگه اسفوردی نیز می توان به عنوان مهم ترین کمپلکسهای دگرگونه منطقه نام برد.

سه نوع کانه زایی عمده را می توان در این بلوک دید. اکثر این کانه زایی ها در زون ساختاری ایران مرکزی و بلوک پشت بادام اتفاق افتاده است. ایران مرکزی به شکل مثلث و جزء بزرگترین و پیچیده ترین واحدهای زمین شناسی است که در مرکز ایران قرار گرفته است. در این واحد قدیمی سنگهای دگرگونی (پرکامبرین) تا آتشفشانهای دوران سوم دیده می شوند. ضخامت بیرون زدگی های سنگهای پرکامبرین پیشین در ایران مرکزی متجاوز از ده هزار متر بوده که خود از فرسایش سنگهای آذرین قدیمی به وجود آمده است. این مجموعه بر اثر حرکات کوهزایی کاتانگاهی (پان آفریکن) شدیداً دگرگون شده و پلاتفرم ایران مرکزی را تشکیل داده است که از پرکامبرین پسین تا تریاس رسوبات قاره ای یا دریای کم عمق روی آن را می پوشاند و به پوشش پلاتفرم موسوم است. واحدهای سنگی پرکامبرین مستقیماً زیر رسوبات فسیل دار کامبرین قرار دارند

که شامل سنگ‌های آهکی شیلی و ماسه‌سنگی می‌باشند. رسوبات اردوئین، سیلورین و دونین در این زون یا وجود ندارد یا گسترش بسیار کمی دارند. با پیشروی دریا در دونین بالایی و کربونیفر زیرین ابتدا رسوبات تخریبی و ماسه سنگی و سپس آهک و شیل مناطق کم عمق دریایی در این منطقه رسوب کردند. در کربونیفر بالایی پسروری دریا وجود داشته (نبودرسوبگذاری) و سپس در پرمین پیشروی دریا وجود داشته که رخساره‌های ماسه‌سنگی، آهک و شیل رسوب کرده‌اند. در تریاس رسوبات قاره‌ای نظیر ماسه‌سنگ و شیل‌های ذغال‌دار تشکیل شده‌اند. در ژوراسیک نیز رسوبات قاره‌ای و دریایی کم عمق (شیل و ماسه‌سنگ) تشکیل شده‌اند که ذخایر عظیم ذغالسنگ در داخل آنها شکل گرفته‌اند. در ژوراسیک میانی و بالایی با پیشروی دریا رسوبات مارن، شیل و آهک ایجاد شده‌اند. در ژوراسیک پایانی با عقب نشینی دریا رسوبات قاره‌ای قرمز رنگ ایجاد شده که موید اثر فاز کوهزایی سیمرین پایانی است. در کرتاسه زیرین با پیشروی وسیع دریا رسوبات کنگلومرا، ماسه سنگ، آهک و شیل اربیتولین‌دار در اطراف کرمان، بافق، یزد، اصفهان و ... بر جای گذاشته می‌شوند در کرتاسه بالایی به علت حرکات شدید کوهزایی و فرسایش زیاد، رسوبات عمیق به همراه سنگ‌های افیولیتی در شیاری‌های اقیانوسی در اثر حرکات تکتونیکی به هم آمیخته شده که به نام کالرد ملانژ معروفند. در پالئوسن و در اثر فاز کوهزایی لارامید رسوبات کنگلومرای، ماسه‌سنگ و رسوبات مردابی تهنشین یافته‌اند. در ائوسن و الیگوسن آهک و مارن‌های نومولیت‌دار ایجاد شده‌اند و پدیده‌های آتشفشانی نیز گسترش داشته‌اند. سنگ‌های نئوژن بیشتر از نوع رخساره‌های خشکی بوده که شامل ماسه‌سنگ مارن و کنگلومرا می‌باشند. کانسارهای ماگمایی-هیدروترمال عموماً دارای سنگ‌های میزبانی مانند ماسه‌سنگ، شیل، سنگ آهک، دولومیت، دیوریت، گرانیتوئید، آندزیت و داسیت (جدول ۳-۱۳) می‌باشند. ذخایر مهم آهن ایران همچون چغارت، سه‌چاهون، میشدوان، چادرملو و ... جزو این نوع کانسارها هستند که کانه اصلی آنها مگنتیت و آپاتیت می‌باشد.

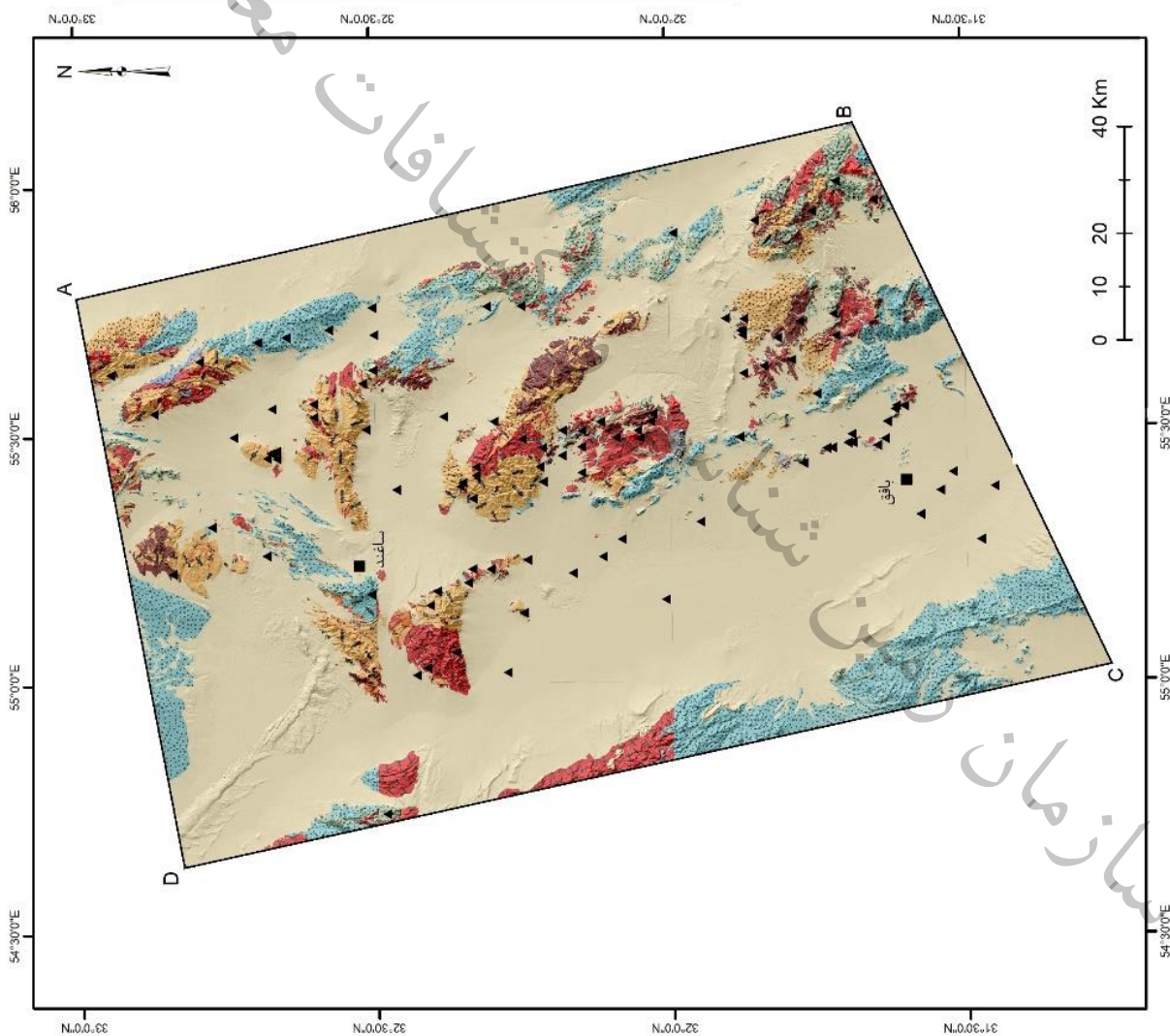
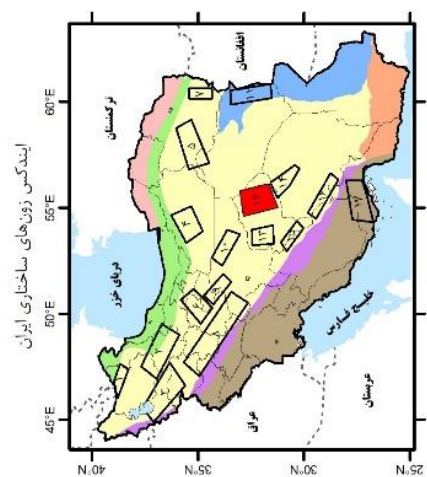
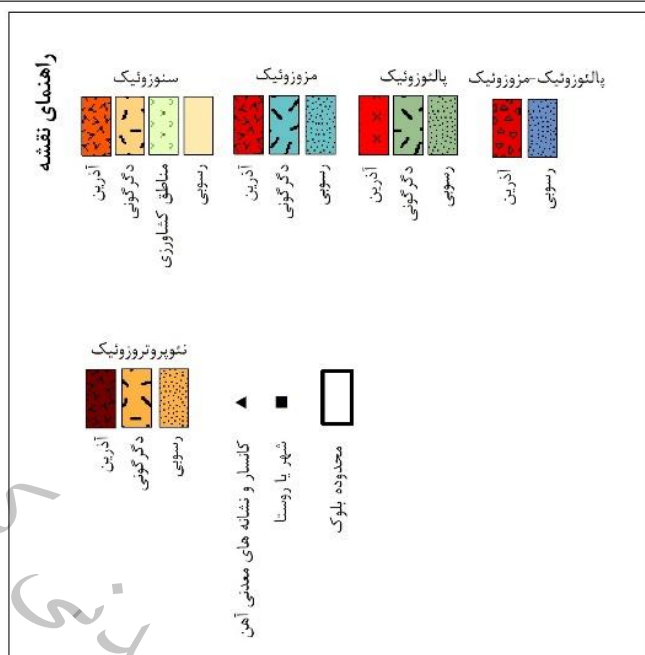
پدیده‌های دگرگونی و اسکارن هم در این منطقه باعث کانی‌زایی آهن شده است که سنگ میزبان آنها شیست، گرانیت و آمفیبول است. کوه گل‌منده در ۱۵ کیلومتری شمال شرق ساغند واجد یکی از اندیس‌های آهن نسبتاً مهم شناخته شده توسط شرکت ملی فولاد می‌باشد که همچون بسیاری از معادن و اندیس‌های آهن آن ناحیه در زون ایران مرکزی واقع شده است. ناحیه ساغند بواسطه قدیمی بودن سازندها و عملکردهای متعدد ماگماتیسم و متامورفیسم در منطقه، پیچیدگی‌های بسیاری دارد که بررسی‌های دقیق را با دشواری‌هایی روبرو می‌کند. برآمدگی گنبد مانندی که در شمال شرق ساغند، کوه گل‌منده نامیده می‌شود شامل مجموعه‌ای از گنیس‌ها، آمفیبولیتها، مرمرها و شیستهایی است که بخشی از آن را به مجموعه پشت بادام و بخشی دیگر رابه سری بنه‌شور نسبت می‌دهند. این کوه در قسمت جنوبی خود دارای تپه آهنی است که بطور کل از کانه‌های آهن به همراه درصد کمتری گانگ ترکیب یافته و بنام اندیس آهن گل‌منده شناخته می‌شود و حفاری‌ها و



ترانشه‌های اکتشافی متعددی روی آن به چشم می‌خورد. چند صد متر دورتر بر فراز صخره‌ای مرمریتی رخنمون‌هایی از مگنتیت به همراه کانی‌های اسکارنی گارنت، اپیدوت و زوئیریت دیده می‌شود که در مجموع سیمای یک کانسار اسکارنی را به این اندیس می‌بخشد. کوه گل‌منده در زونی واقع شده که بین دو گسل اصلی پشت بادام و کلمرد قرار گرفته است و شامل رخنمون مجموعه‌هایی از کهن‌ترین سنگ‌های دگرگونه ایران که با سازندهای تاشک و بنه شور شناخته می‌شوند، است.

بعلاوه کانی‌زایی از نوع آتشفشانی- برونومی و رسوبی- هیدروترمال نیز در این بلوک رخ داده است. برای نمونه در ۳۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بافق و ۲۰ کیلومتری شرق معدن چغارت کانسار نارینگان با منشأ آتشفشانی- برونومی قرار گرفته است. تشکیلات کانسار نارینگان مربوط به دوران نئوپروتروزوئیک است که این تشکیلات به وسیله توده‌های گرانیتی و سینیتی و همچنین دایک‌های دیوریتی و دیاباز پورفیری قطع شده است. در کانسار آهن و منگنز نارینگان مهم‌ترین کنترل‌کننده کانی‌سازی عوامل ساختاری و سیالات درگیر بوده است. فعالیت‌های زمین‌ساختی در گستره کانسار، باعث دگرگونی‌های گرمابنبشی شده است و این فرآیند در مرکز و باختر ناحیه فعال است که اثرهای آن به صورت زون خرد شده و برش گسلی در سینه کارهای معدن دیده می‌شود.

نقشه زمین شناسی بلوک ۱۲



شکل ۱۳-۳ - نقشه زمین شناسی بلوک ۱۲



جدول ۳-۱۳- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۲

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پرکامبرین	پرکامبرین- پالئوزوئیک	پالئوزوئیک	مزوزوئیک	سنوزوئیک	نامشخص
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	شیست، گرانیت، آمفیبول	۲	۲	-	۲	-	۱
آتشفشانی- بروندی و رسوبی- هیدروترمال	گرانودیوریت، سنگ آهک، شیست، آمفیبول، گرانیت، دولومیت	۶	۱۶	۲	۲	۳	-
ماگمایی هیدروترمال	ماسه سنگ، شیل، سنگ آهک، دولومیت، دیوریت، گرانیتوئید، آندزیت و داسیت	۹	۲۶	۳	-	۱	۶

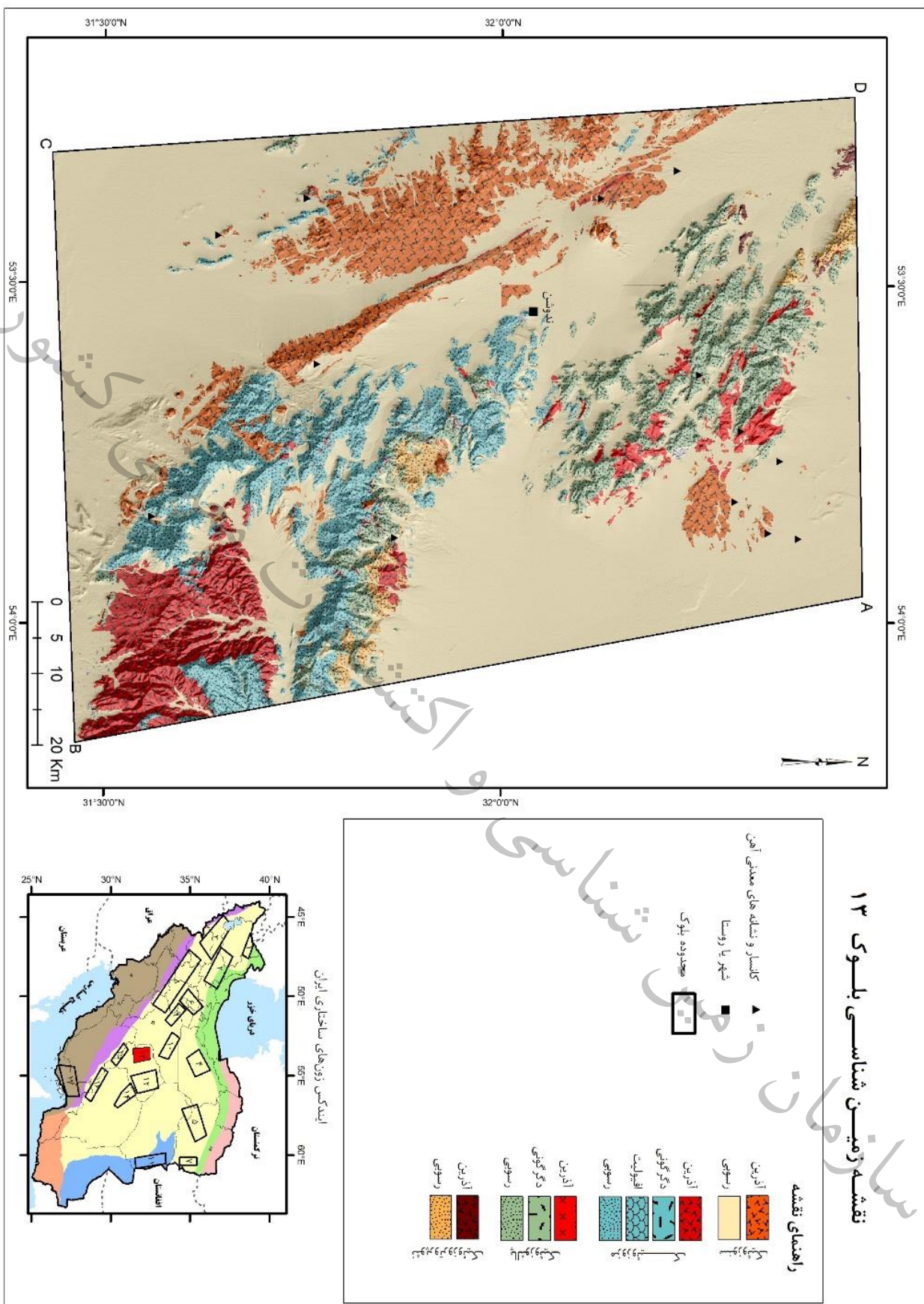
۳-۱۴- بلوک ۱۳

بلوک شماره ۱۳ در غرب استان یزد قرار دارد. قدیمی ترین واحد آذرین منطقه مربوط مبه سنگ نهشته های توف ریولیتی و دولومیت سازند ریزو به سن وندین در گستره برگه سرو بالا می باشد. نهشته های رسوبی مربوط به سازندهای سلطانیه، کهر و بایندر به سن نئوپروتروزوئیک نیز در برگه های یکصد هزار خضرآباد، سروبالا و یزد نیز قابل توجه اند. در شرق بلوک ۱۳ مجموعه ای از سنگ های آذرین به سن سنوزوئیک با ترکیب کلی آندزیت، داسیت، ریوداست و پیروکلاستیک ها رخمون قابل توجهی دارند. گرانیت شیر کوه در گوشه جنوب غربی بلوک به ژوراسیک از مهمترین پدیده های آذرین قابل ذکر در بلوک است. همچنین در شمال بلوک برونزدهای توف و لاوای های سری دسو به چشم می خورد. در نیمه جنوبی بلوک سازندهای تفت، سلطانیه،

شتری، سنگستان، نایبند، جمال و کهر گسترش یافته‌اند در صورتی که در نیمه شمالی شاهد برونزد سازندهای میلا، لالون و دسو هستیم (شکل ۳-۱۴).

کانسار مس پروفیری دره زرشک در همبری با سازند آهکی تفت دارای رخنمون محدودی از پدیده اسکارن است. این کانسار به عنوان یک کانسار مس پروفیری شناخته می‌شود. ذخیره دره زرشک در استان یزد، در فاصله ۸۰ کیلومتری جنوب غرب شهر یزد واقع شده است و از طرفی این منطقه در تقسیمات زمین‌ساختی ایران بر روی کمر بند تکتونوماگمایی ارومیه- دختر واقع شده است.

کانسارهای آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال نیز در این بلوک تشکیل شده است و دارای سنگ میزبان مجموعه‌های رسوبی-آواری، ریولیت و توف (جدول ۳-۱۴) هستند. در این بلوک کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن هم وجود دارند که سنگ میزبان آنها عموماً آندزیت، ماسه سنگ، شیل، دولومیت و سنگ آهک می‌باشد. معدن سنگ آهن ندوشن-سورک در فاصله ۱۵۰ کیلومتری غرب و شمال غرب شهر یزد یکی از این نوع کانسارهاست که در زون ساختاری ایران مرکزی و در مجاورت کمان ارومیه دختر و در زون گسله دهشیر قرار گرفته و کانی‌سازی آهن در امتداد این زون گسله و سنگ‌های آتشفشانی و آواری ائوسن قرار دارد. کانی‌های تشکیل دهنده کانسنگ، مگنتیت و هماتیت در همراهی با کانی‌هایی همچون پیریت و اپیدوت می‌باشد.



شکل ۲-۱۴- نقشه زمین شناسی بلوک ۱۳

جدول ۳-۱۴- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۳

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پالئوزوئیک	مزوزوئیک	سنوزوئیک	نامشخص
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	آندزیت، ماسه سنگ، شیل، دولومیت و سنگ آهک	۱	۱	۱	۳
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	مجموعه های رسوبی-آواری، ریولیت و توف	۱	-	۱	-
ماگمایی هیدروترمال	سنگ آهک، گرانیت، دیوریت	-	-	۱	-

۳-۱۵- بلوک ۱۴

بلوک شماره ۱۴ در شمال غربی استان کرمان قرار گرفته است و بخشی از این بلوک در مرز استان کرمان و یزد واقع شده است. جوان ترین واحدهای زمین شناسی برونزد یافته در محدوده بلوک رسوبات عهد حاضر هستند با ترکیب سنگ های تخریبی، رسوبات تریاس، رسوبات آبرفتی بادبزی. به موازات لبه جنوبی بلوک رسوبات مزوزوئیک و پالئوزوئیک رخنمون یافته اند. قدیمی ترین سنگ های منطقه به سن نئوپروتروزوئیک هستند. سنگ های دگرگونه به این سن چندان قابل توجه نیستند و تنها رخنمون محدودی از آنها در برگه های یکصد هزار کوه بندان و بساب با رخساره شیست و مرمر دیده می شود. سنگ های آذرین به سن نئوپروتروزوئیک رخنمون گسترده تری دارند و عمدتاً شامل واحدهای آذرین سازندهای سلطانیه، ریزو، دسو و تاشک هستند (شکل ۳-۱۵).

این بلوک سه نوع کانه زایی آهن را شامل می شود. کانسار جلال آباد تنها کانسار ماگمایی-هیدروترمال این بلوک است. این کانسار در ۳۸ کیلومتری شمال غرب شهر زرنده استان کرمان واقع شده است. بر اساس بررسی های انجام شده ذخیره کانسار جلال آباد تقریباً ۲۰۰ میلیون تن سنگ آهن با عیار متوسط ۴۵ درصد است. سنگ میزبان کانسار جلال آباد، سنگ های آتشفشانی و رسوبی گروه ریزو با سن کامبرین زیرین است و مهمترین سنگ های تشکیل دهنده شامل ماسه سنگ، شیل، سیلتستون، دولومیت، توف و ایگنمبریت است. مگنتیت کانه اصلی کانسار جلال آباد است و تقریباً بیشتر حجم کانسار را تشکیل داده است. هماتیت اغلب در بخش های نزدیک سطح زمین و همچنین در محل هایی که در اثر حرکات زمین ساختی دچار شکستگی شده اند، به طور گسترده حضور دارد. کالکوپیریت ها بیشتر شکستگی ها، حفره های ریز پیریت و مگنتیت را پر کرده است. کانی گوتیت بیشتر در نواحی اکسیده کانسار (زون هماتیت دار) دیده می شود و مالاکیت و آزوریت

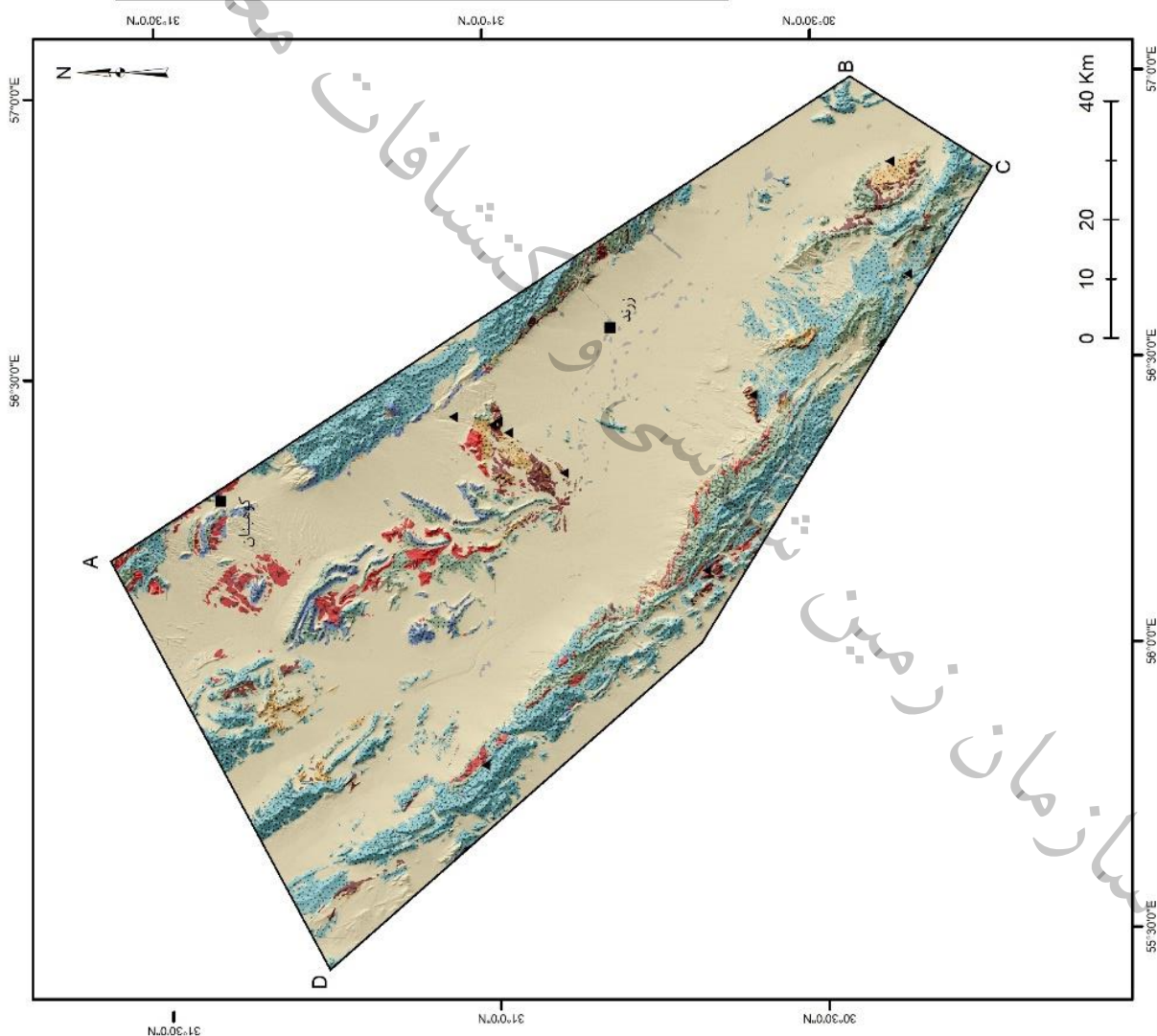
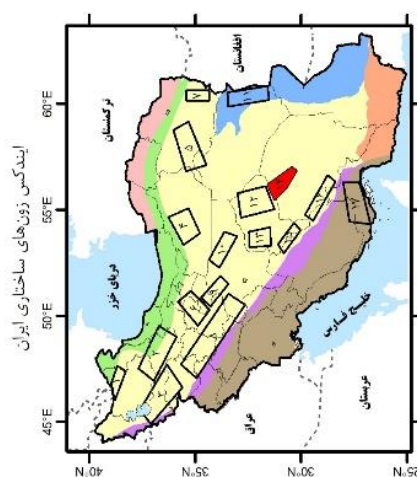
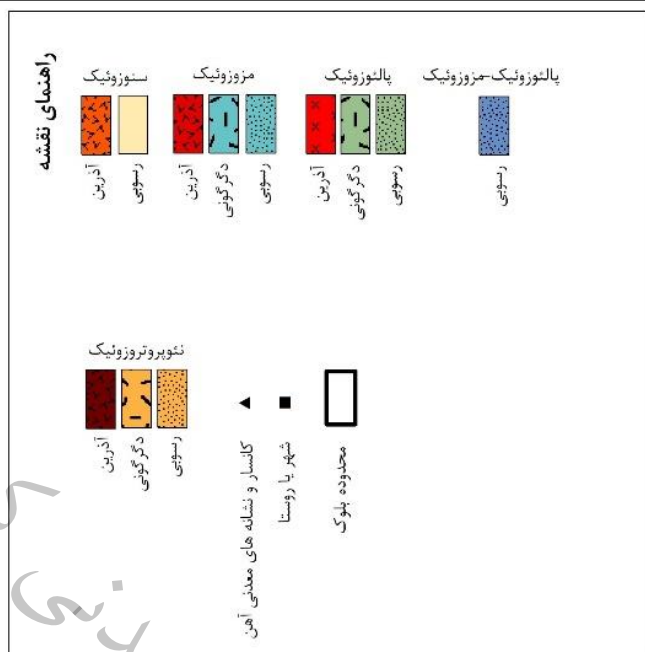


فراوان ترین کانی ثانویه مس و در واقع فراوانترین کانی مس دار در نمونه های سطحی و کم عمق منطقه جلال آباد است.

کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن هم در این بلوک هستند که غالباً دارای سنگ های میزبانی مانند سنگ آهک، دولومیت، شیل، مارن و توف با سن اواخر نئوپروتریوزوئیک تا کامبرین پیشین می باشند.

کانسارهای آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال این بلوک دارای سنگ میزبان های شیل، سنگ آهک، مارن، ژئپس، کوارتزیت و دولومیت با سنین ذکر شده در جدول ۳-۱۵ می باشد.

نقشه زمین شناسی بلوک ۱۴



شکل ۱۵-۳ - نقشه زمین شناسی بلوک ۱۴



جدول ۳-۱۵- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۴

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پرکامبرین	پرکامبرین - کامبرین	پالئوزوئیک	مزوزوئیک
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	سنگ آهک، دولومیت، شیل، مارل و توف	۳	-	۱	-
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	شیل، سنگ آهک، مارل، ژئپس، کوارتزیت و دولومیت	-	۲	۱	۲
ماگمایی هیدروترمال	ماسه سنگ، شیل، سیلتستون، دولومیت، توف و ایگنمبریت	-	-	۱	-

۳-۱۶- بلوک ۱۵

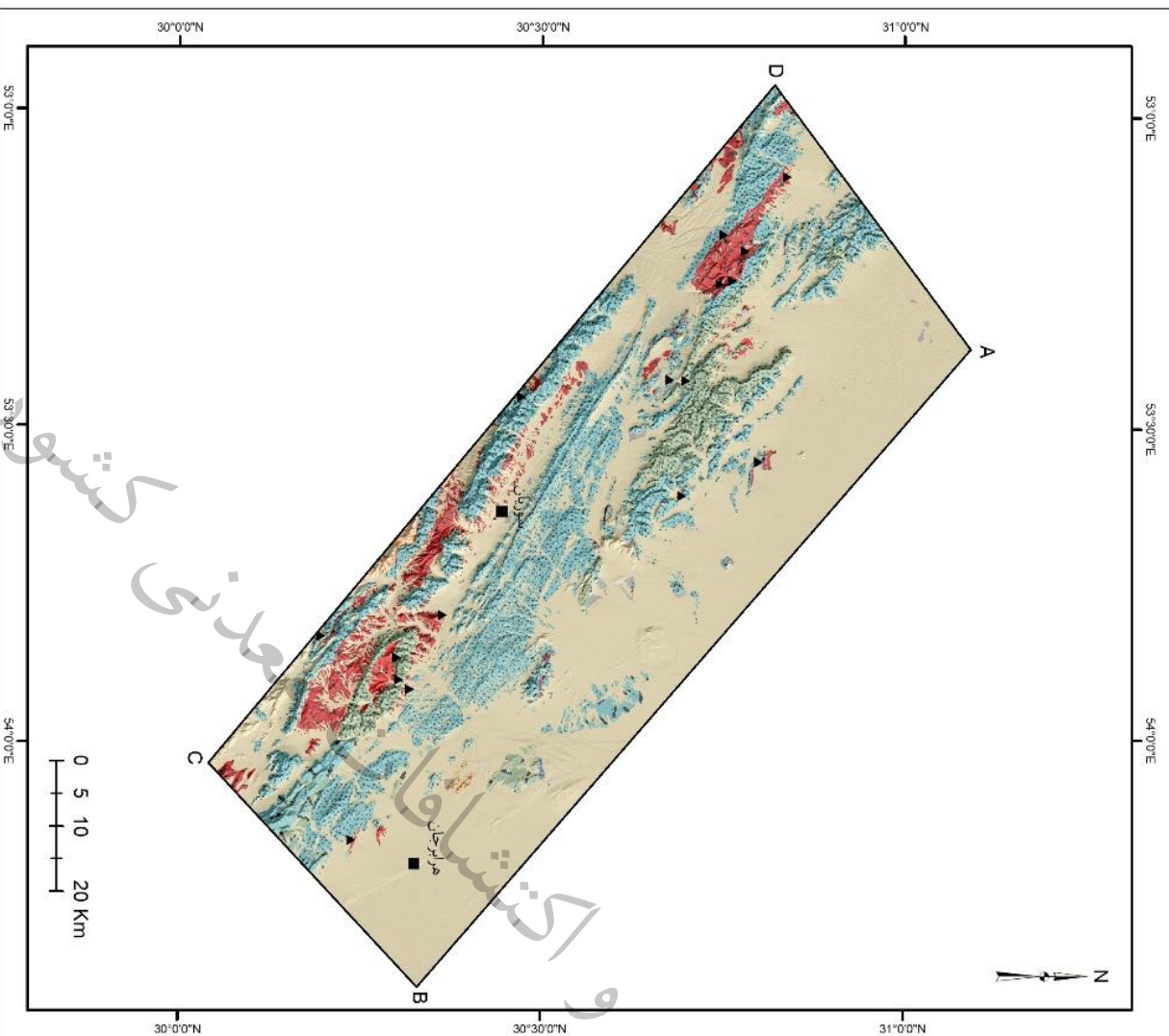
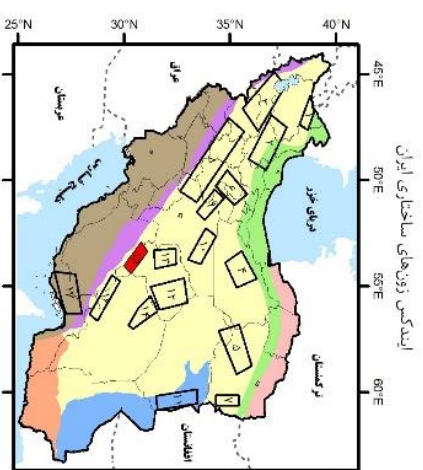
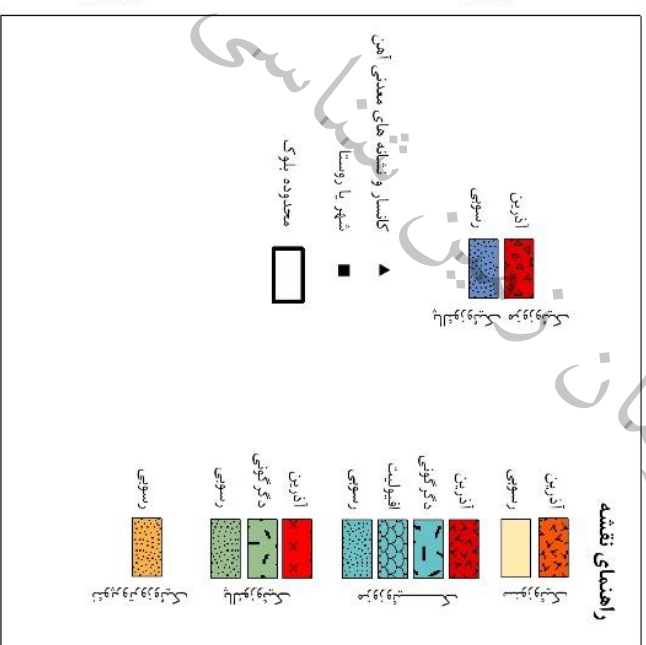
این بلوک در مرز دو استان یزد و فارس واقع شده است. همانطور که در شکل ۳-۱۶ مشاهده می کنید واحدهای قدیمی تر از پالئوزوئیک برونزد چندانی در بلوک ندارند به جز ردیفی از رسوبات جمال به سن نئوپروتروزوئیک با ترکیب شیل و سنگ آهک چرتی که در شمال غرب برگه یکصد هزار مروست برونزد دارند. سنگ های آذرین منطقه به موازات ضلع جنوبی بلوک کشیده شده اند و به جز اندکی سنگ های آذرین سنوزوئیک اکثراً در محدوده سنی مزوزوئیک و پالئوزوئیک هستند. در نیمه جنوبی بلوک همچنین سنگ های رسوبی مزوزوئیک به طرز چشمگیری برونزد یافته اند و در بین آنها رسوبات پالئوزوئیک نیز دیده می شود. سهم ردیف های دگرگونه در این بلوک چندان زیاد نیست و عمدتاً در نیمه جنوبی بلوک و در برگه مروست با ترکیب مرمر و گرین شیست و کوارتزیت دیده می شوند.

سه نوع کانه زایی در این بلوک دیده می شود. کانسار آهن هنشک در فاصله ۱۷۵ کیلومتری در شمال شرق شیراز، بین روستاهای گوشتی و هنشک در صفاشهر و در شمال غرب استان فارس واقع شده و تنها کانسار ماگمایی- هیدروترمال بلوک می باشد. محدوده معدنی از نظر زمین ساختی در حاشیه جنوبی پهنه سندنچ- سیرجان و در امتداد روراندگی اصلی زاگرس قرار دارد. کانه زایی آهن به صورت توده ای و عدسی همراه با رگه های سیلیس و باریت، در سنگ های میزبان دولومیتی قهوه ای رنگ سیلیسی شده با سن تریاس تشکیل شده است. کانه های اصلی به ترتیب شامل هماتیت، گوتیت و به مقدار کمتری مگنتیت هستند که اغلب از طریق فرآیند جانشینی و به میزان کمتر به شکل شکافه پرکن در سنگ میزبان جایگیر شده اند.

کانسارهای دگرگونی مجاورتی و اسکارن هم در این بلوک وجود دارد. یکی از این کانسارها در منطقه معدنی کان‌گوهر در ۲۴۲ کیلومتری شمال شهرستان شیراز واقع شده است. این کانسار از دیدگاه ساختاری در محدوده زون سنندج- سیرجان و در بخشی از کمپلکس توتک قرار می‌گیرد. این کمپلکس شامل واحدهای سنگی گرانیت- گنیس، مرمر و میکاشیست می‌باشد. بر اساس مطالعات سنگ‌نگاری، کانی‌های اصلی شامل کلسیت، دولومیت، گارنت، اکتینولیت، مگنتیت و هماتیت می‌باشد. مهم‌ترین بافت‌های موجود در ماده معدنی مارتیزاسیون و جانشینی است.

کانسارهای آتشفشانی- برون‌دیمی و رسوبی- هیدروترمال در این بلوک نوع کانه‌زایی غالب آهن را تشکیل می‌دهند. مانند کانسار آهن دهبید که در ۱۷۶ کیلومتری شمال شرقی شیراز در حاشیه جنوبی زون سنندج- سیرجان قرار گرفته است. کانه‌زایی آهن به صورت رگه‌ای در امتداد گسل‌های با امتداد شمالغرب- جنوب شرق درون سنگ‌های رسوبی دگرگون شده پرمین و دولومیت‌های شدیداً سیلیسی شده تریاس صورت گرفته و مطالعات صحرایی و کانی‌شناسی نشان می‌دهند که کانی اصلی مگنتیت بوده که به صورت سیمان قطعات زاویه‌دار برشی شده سنگ میزبان را در بر می‌گیرد. کانی‌های فرعی شامل هماتیت، اسپیکولاریت، مارتیت، و هیدروکسیدهای نظیر گوتیت و لیمونیت می‌شوند که در امتداد شکستگی‌های کانسنگ آهن ایجاد شده‌اند. کانی‌های باطله نیز شامل کربنات، کوارتز و مقادیر اندکی فلدسپار می‌باشند. میزان اکسید آهن در نهشته‌های معدنی بسیار متغییر بوده و از ۳۴ تا ۷۴ درصد وزنی تغییر می‌کند (جدول ۳-۱۶).

نقشه زمین شناسی بلوک ۱۵



شکل ۳-۱۶ - نقشه زمین شناسی بلوک ۱۵

جدول ۳-۱۶- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۵

نوع کانسارها	سنگ میزبان	دونین	پالئوزوئیک- تریاس	مزوزوئیک	سنوزوئیک
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	سنگ آهک، گرانیت، گنیس، مرمر و میکاشیست	۱	-	۱	۱
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	شیل، سنگ آهک، مرمر، شیست، گرانیت، میکاشیست و دولومیت	-	-	۶	۲
ماگمایی هیدروترمال	دولومیت	-	۱	-	-

۳-۱۷- بلوک ۱۶

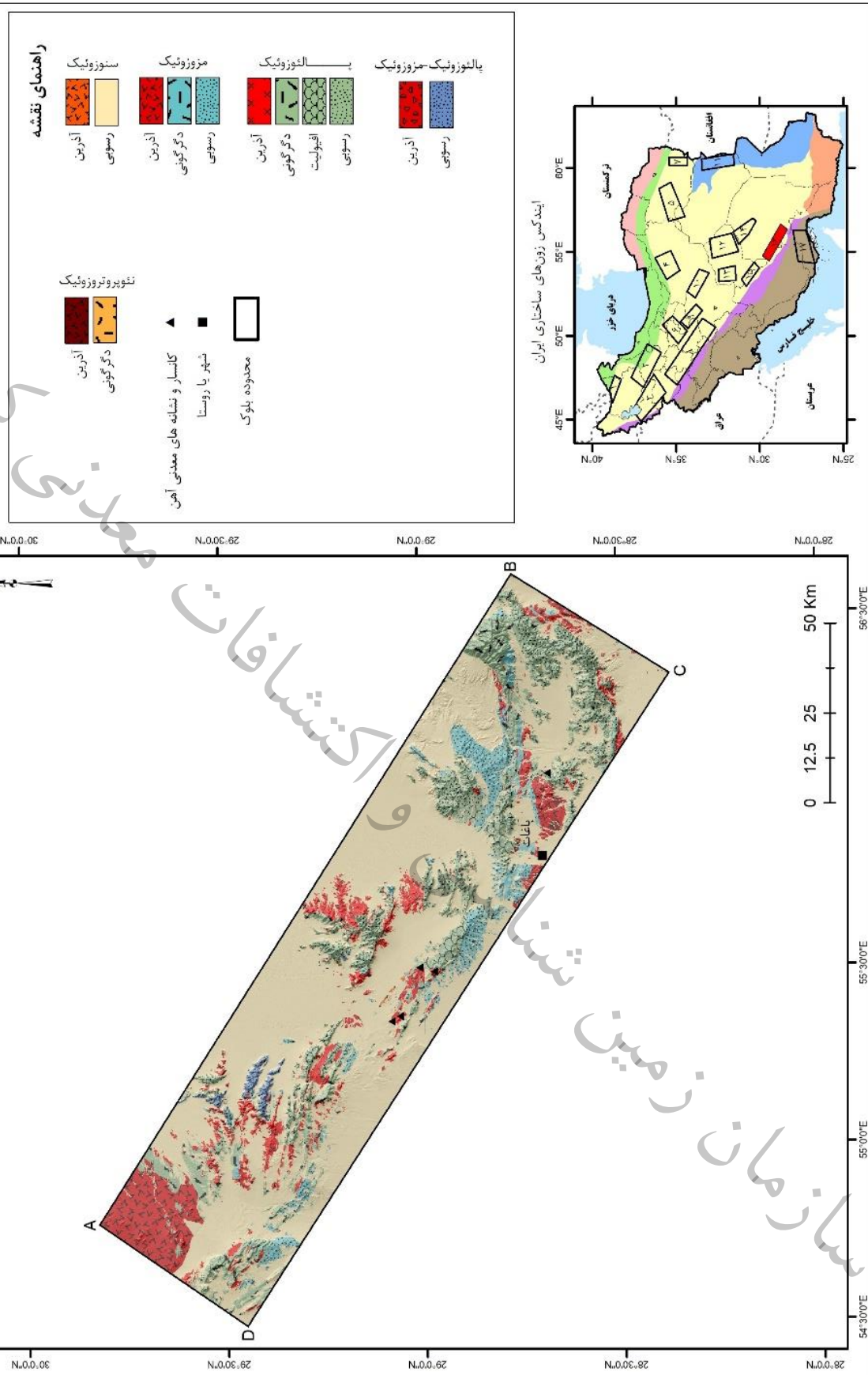
بلوک ۱۶ در مرز استان‌های فارس، هرمزگان و کرمان قرار گرفته و بیشتر مساحت این بلوک در استان کرمان واقع شده است. این بلوک نیز همچون بلوک ۱۲ هم از نظر زمانی و هم جنس سنگ‌ها دارای تنوع است. در نیمه جنوبی بلوک کمپلکس‌های دگرگونی همچون خبر، گل گهر، چاه چغوک و چاه بند و واحدهای آذرین همچون بره خوشان، باغات و سیخوران قابل توجه هستند. سنگ نهشته‌های متعلق به پروتروزوئیک به جز واحدهای باغات و سیخوران شامل سنگ‌های دگرگونه مرمر و گابرو است (شکل ۳-۱۷).

در بلوک ۱۶ دو نوع کانه‌زایی مشاهده می‌شود. این بلوک در سه استان فارس، کرمان و هرمزگان واقع شده و کانسار مهمی همچون گل گهر که دگرگونی مجاورتی و اسکارن می‌باشد در این بلوک قرار گرفته است. کانسار آهن گل گهر در ۵۳ کیلومتری جنوب غرب شهرستان سیرجان، در پهنه ساختاری سندرچ-سیرجان واقع شده است. این کانسار توسط مجموعه‌ای از سنگ‌های دگرگونی و آذرین شامل انواع شیست، گنیس، آمفیبولیت، مرمر و گرانیت‌های میلونیتی در برگرفته شده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد، فرآیندهای آذرین رخدادهای دگرگونی در تشکیل و جایگزینی این کانسار مؤثر بوده است. ولی اتفاق نظر در این زمینه وجود ندارد. بررسی‌های ریزساختاری، بررسی‌های ژئوشیمیایی ترکیب سنگ‌های میزبان، کانی‌سازی و همچنین تجزیه‌های شیمیایی نقطه‌ای انجام شده در این پژوهش، بیانگر تأثیر فرآیندهای اسکارن‌زایی به عنوان عامل اصلی در تشکیل کانسار آهن گل گهر است. مهم‌ترین کانی‌های این کانسار شامل مگنتیت، هماتیت و پیریت است که به طور متناوب با کربنات‌ها، چرت و کوارتزیت تکرار می‌شوند.



کانسارهای آتشفشانی- برونیمی و رسوبی- هیدروترمال نیز در این بلوک با سنگ‌های میزبانی اعم از گنیس، شیست، کوارتزیت و مجموعه‌های رسوبی آواری (جدول ۳-۱۷) وجود دارند. در ۵۱ کیلومتری جنوب سیرجان و ۵۵ کیلومتری شمال حاجی‌آباد، کانسار گوهرحدید واقع شده که در جنوب زون سنندج- سیرجان است و شامل سنگ‌های کربناتی است که با لایه‌های هماتیت، مگنتیت و پیریت به صورت متناوب قرار گرفته‌اند. کانی‌های مهم منطقه شامل مگنتیت، هماتیت، مارتیت، الیژیست، گوتیت و پیریت می‌باشد.

نقشه زمین شناسی بلوک ۱۶



شکل ۱۷-۳ - نقشه زمین شناسی بلوک ۱۶



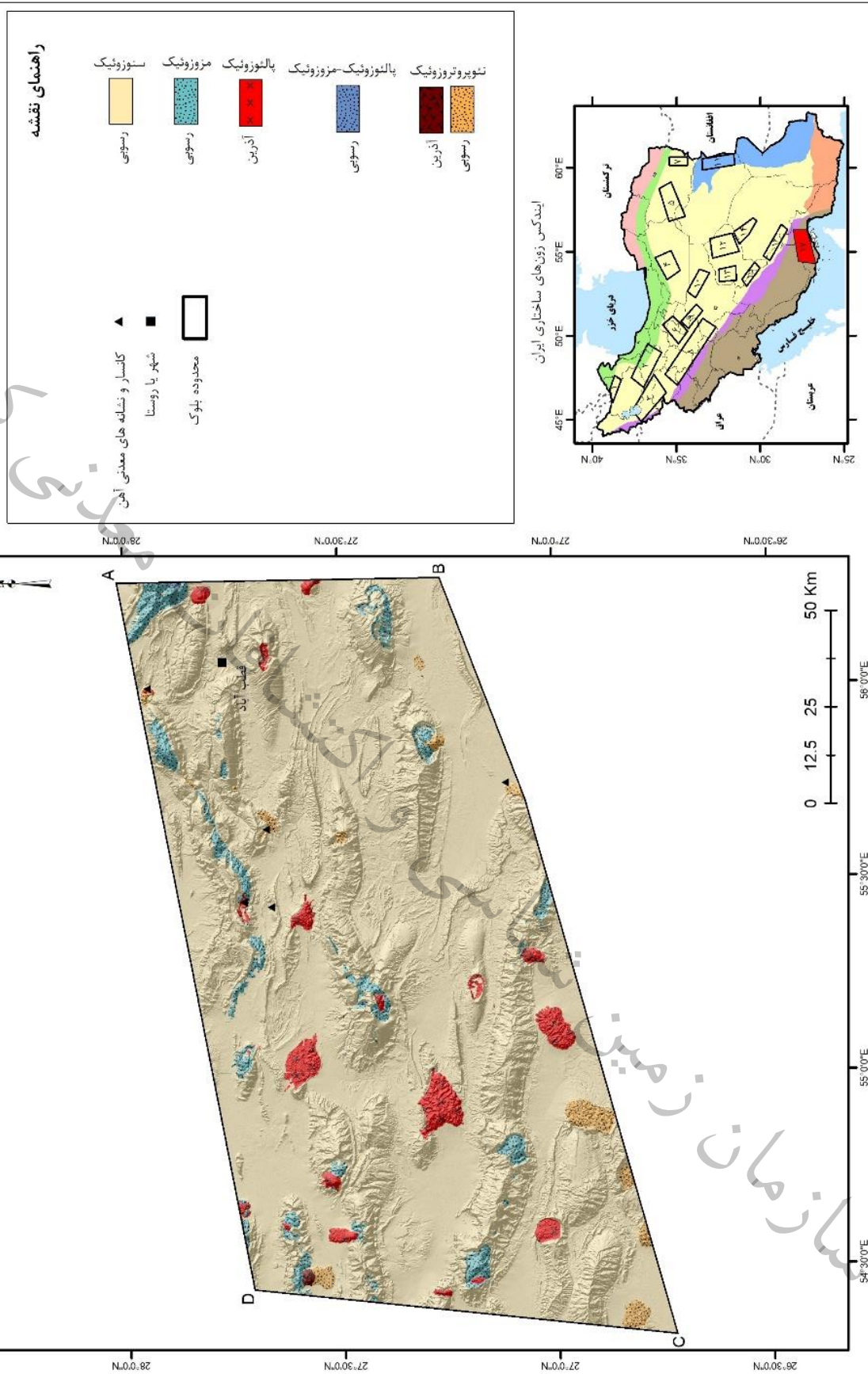
جدول ۳-۱۷- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۷

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پر کامبرین - کامبرین	پالئوزوئیک	سنوزوئیک
دگرگونی مجاورتی و اسکارن	آمفیبول، گارنت، گنیس، مرمر و شیست	۱	۲	-
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی-هیدروترمال	شیل، سنگ آهک، مرمر، شیست، گرانیت، میکاشیست و دولومیت	-	۱	۱

۳-۱۸- بلوک ۱۷

این بلوک در دو استان فارس و هرمزگان قرار گرفته است. بلوک ۱۷ در زون ساختاری زاگرس چین خورده واقع شده است. بخش اعظم این بلوک توسط رسوبات سنوزوئیک شامل سازندهای میشان، آجاجاری، آسماری، بختیاری، گچساران، پابده، رازک و ساچون با ترکیب کلی تخریبی ها و کربنات پوشیده شده است. سازندهای تاربور، گورپی و ایلام به سن مزوزوئیک برونزد مختصری در این بلوک دارند. سازند نمکی هرمز همراه با سنگ های آذرین به سن کامبرین در سراسر بلوک برونزد دارد. برونزدهای مختصری از سنگ مارن قرمز رنگ، سنگ آهک بیتومینه ضخیم لایه، ژپس و ماسه سنگ به سن نئوپروتروزوئیک نیز برونزد دارد (شکل ۳-۱۸). کانسارهای آتشفشانی- بروندمی و رسوبی- هیدروترمال با سنگ های میزبانی نظیر مارن، دولومیت، ژپس، توف و ریولیت با سن پر کامبرین - کامبرین (جدول ۳-۱۸) در این بلوک قرار دارند. کانسار آهن تنگ زاغ در ۱۱۷ کیلومتری شمال شرق بندرعباس در تاق دیسی با همین نام واقع گردیده است. این منطقه از نظر تقسیمات زمین شناسی در زون زاگرس چین خورده قرار گرفته است و کانسار آهن به صورت اکسیدهای آهن (اکثراً هماتیت) در داخل گنبد نمکی و یا در شکستگی ها و دیگر سطوح بین لایه ای سازندهای جوانتر که اغلب به دوران سوم تعلق دارند مشاهده می گردد. کانی شناسی منطقه تقریباً ساده است و در اینجا بر خلاف دیگر کانسارهای آهن دار ما با یک کانسار دارای هماتیت غالب روبرو هستیم. کانسار آهن تنگ زاغ در اثر پدیده رسوبی و جانشینی و بدون هیچ اثری از اسکارن زایی ایجاد شده است و اثری از کانی های معمول اسکارن در ماده معدنی و یا در حاشیه توده های آذرین مشاهده نمی شود و ظهور کانی ناترولیت در منطقه تنگ زاغ می باشد. همچنین وجود همبری ناگهانی، شکل عدسی تا لایه ای کانسار، نفوذ آهن در سازندهای جدیدتر و تفاوت ترکیب شیمیایی کانسار با سنگ آذرین، نشان دهنده تشکیل کانسار تنگ زاغ از یک محلول غنی از آهن در یک حوزه رسوبی است.

نقشه زمین شناسی بلوک ۱۷



شکل ۱۸-۳ - نقشه زمین شناسی بلوک ۱۷



جدول ۳-۱۸- مشخصات و تعداد کانسارهای بلوک ۱۷

نوع کانسارها	سنگ میزبان	پرکامبرین - کامبرین
آتشفشانی-بروندمی و رسوبی- هیدروترمال	مارن، دولومیت، ژئپس، توف و ریولیت، گنبد نمکی	۴

۳-۱۹- نتیجه گیری

تعیین محدوده‌های اکتشافی در فاز شناسایی غالباً بر مبنای پتانسیل‌های ذاتی محدوده (که برگرفته از تکامل زمین‌شناسی و سرگذشت ژئودینامیکی است) استوار است. هر چند ملاحظات سیاسی-اقتصادی نیز در مواردی بی‌تأثیر نیست. ایران از نظر زمین‌شناسی دارای چندین زون ساختاری است که هر کدام طیفی از کانسارها را با عناصر و ذخیره متفاوت در خود جای داده است. از این میان خرد قاره ایران مرکزی بیشترین سهم از ذخایر و معادن آهن را دارد. بخش دیگری از کانسارهای آهن مرتبط با فعالیت ماگمایی دوران سوم است که بیشترین فراوانی آن در کمان ماگمایی ارومیه-دختر شناخته شده است. زون سنج-سیرجان نیز میزبان تعدادی کانسار آهن است، گرچه پراکندگی کمتری نسبت به دو زون ساختاری گفته شده دارد ولی در مواردی میزبان کانسارهای بزرگی مثل گل‌گهر است. برای شناسایی و اکتشاف آهن در سرزمین‌هایی با رخنمون سنگی مناسب می‌توان از عوارض زمین‌شناسی سطحی در کنار روش‌های ژئوفیزیکی بهره جست. ولی در مناطق پوشیده از آبرفت یا پوشش گیاهی روش ژئوفیزیکی تنها ابزار اکتشافی محسوب می‌شود. از این رو برخی از بلوک‌هایی که در زون ساختاری مستعد قرار دارند ولی به دلیل پوشش سطحی نشانه یا کانسارهای زیادی از آهن در آن شناسایی نشده است، مستلزم اکتشافات ژئوفیزیکی است. بلوک شماره ۱۴ (بخش جنوبی زون بافق - پشت‌بادام) یکی از این بلوک‌ها به شمار می‌رود. با توجه به ملاحظات زون ساختاری و کانسارها و نشانه‌های معدنی آهن، اولویت‌بندی بلوک‌ها برای مطالعات اکتشافی طبق جدول ۳-۱۹ پیشنهاد شده است. هر کدام از بلوک‌های میزبان تیپ‌های مختلفی از کانسارهای آهن است. از این رو با توجه به تیپ/تیپ‌های کانساری غالب روش و شرح خدمات اکتشافی متفاوتی خواهد داشت و نسخه واحدی برای تمام بلوک‌ها میسر نیست.

جدول ۳-۱۹- الویت بندی بلوک‌های اکتشافی آهن

اولویت	بلوک	رئوس چارگوش	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۱۴	A	56.17566845	31.58589891
		B	57.0032102	30.44049344
		C	56.83664793	30.22634195
		D	56.00978523	30.68438819
		E	55.44045812	31.26025999
۲	۲	A	55.77935377	33.00376334
		B	56.10496367	31.68376181
		C	55.0266438	31.25569908
		D	54.63236711	32.82971253
۳	۹	A	50.83559274	34.72972472
		B	51.87303774	33.81363223
		C	51.50660075	33.43767739
		D	50.45487898	34.29190389
۴	۱	A	46.79464196	38.9811819
		B	47.63585904	38.67488018
		C	47.39774748	38.26760648
		D	46.00668968	38.7895702
۵	۱۵	A	53.37293099	31.09524873
		B	54.39312489	30.33084688
		C	54.03394773	30.04250033
		D	52.94891352	30.82058408
۶	۴	A	54.64130386	36.26299741
		B	55.06826792	35.33040258
		C	53.88689457	34.78754562
		D	53.34382738	35.55743616
۷	۱۳	A	53.9617881	32.45659786
		B	54.17593959	31.46317289
		C	53.30743632	31.43342962
		D	53.21820654	32.44470055
۸	۵	A	58.76183321	36.02894455
		B	59.16158266	35.30796787
		C	57.09467344	34.47991823
		D	56.82376222	35.44359714
۹	۱۰	A	52.64154416	34.34470017
		B	53.95976556	33.62610294
		C	53.75989083	33.04075553
		D	52.25564154	33.85681132
۱۰	۳	A	45.5572305	37.61421682
		B	47.71183451	36.34096528
		C	46.61143923	35.59875394
		D	44.90763131	37.08739806
۱۱	۶	A	50.64587187	35.80528323
		B	51.16637897	35.201495
		C	50.27705542	34.32704308
		D	49.5216339	34.86548465
۱۲	۱۱	A	60.53380239	33.48272505
		B	60.83956272	31.58625892



31.51966972	60.16260647	C	۷	۱۳
33.44703313	59.86279439	D		
35.42260195	60.63728465	A		
34.34708558	60.64204358	B		
34.33756773	60.13759784	C		
35.42260195	60.13759784	D	۸	۱۴
35.66377098	47.70559437	A		
33.4195107	51.04633615	B		
32.66164818	50.50817331	C		
34.93721421	47.07372389	D		
29.82620137	54.77338705	A	۱۶	۱۵
28.76377203	56.62341799	B		
28.36997124	56.33133915	C		
29.45143626	54.47654929	D		
33.00376334	55.77935377	A		
31.68376181	56.10496367	B	۱۲	۱۶
31.25569908	55.0266438	C		
32.82971253	54.63236711	D		
28.01610961	56.29195269	A		
27.26076236	56.28863976	B		
26.72538564	54.31322942	C	۱۷	۱۷
27.71286196	54.42982301	D		

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کشور

معدنی

کشفیات

فهرست منابع

شناسی

زمین

سازمان

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



فهرست منابع

- اسماعیلی، ج. و همکاران، ۱۳۹۷، مطالعه کانی شناسی و ژنز کانسار آهن کامو (میمه-اصفهان)
- اسماعیلی، م. و همکاران، ۱۳۹۱، بررسی دورسنجی ر ASTER & TM و زمین شناسی کانسار آهن جنوب غرب میمه.
- اکبری، ز. و همکاران، ۱۳۹۷، انواع کانسنگ، ساخت، بافت، کانی شناسی و چگونگی تشکیل کانسار آهن-سرب آهنگران، جنوب شرق ملایر (کمر بند فلز زایی ملایر-اصفهان)، مجله علوم زمین، سال ۲۹، ص. ۱۶۱ تا ۱۷۲.
- آقائباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۸۵ ص.
- باخرد، م.، ۱۳۹۵، مطالعه کانه زایی و ژنز کانسار آهن دهج واقع در استان کرمان با استفاده از تلفیق داده های ژئوشیمیایی و سنگ شناختی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، پردیس علوم.
- براتی لک، ا. و همکاران، ۱۳۹۲، سیماهای ژئوشیمیایی عناصر نادر خاکی ذخیره آهن بالستان (جنوب شرق ارومیه، استان آذربایجان غربی)
- براتی، م.، ۱۳۸۰، بررسی ژنز احتمالی کانسار آهن همه کسی، همدان
- براتی، م. و همکاران، ۱۳۹۸، بررسی چگونگی کانه زایی آهن در رخداد چاه پلنگ انارک (ایران مرکزی)
- بیابانگرد، ح. و همکاران، ۱۳۹۲، بررسی ژنز آهن دشت سمسور جنوب غرب زاهدان
- پناهی شهری، م. و همکاران، ۱۳۸۹، کانی شناسی، پترولوژی، سنگ منشأ و شرایط تشکیل کانسار اسکارن آهن ابودر، شمال شرق سبزوار، پژوهش های دانش زمین، سال اول، شماره ۲، ص. ۱۹-۳۷.
- ترابی نظر، ا.، ۱۳۹۶، کانی شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار آهن اسکارنی قره بلاغ اسداباد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، پردیس علوم - دانشکده فیزیک.
- تقدسی، ح.، ۱۳۹۶، زمین شناسی، دگرسانی، کانی سازی، ژئوشیمی و مطالعه سیالات درگیر در منطقه اکتشافی نامق، شمال شرقی کاشمر، پایان نامه ارشد.
- تقی پور، ب.، ۱۳۹۱، زمین شناسی و کانی شناسی اسکارن آهن کان گوهر بوانات، استان فارس، ششمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور.
- توکلی، پ. و همکاران، ۱۳۹۳، بررسی ژنز معدن سنگ آهن تنگ زاغ واقع در بندرعباس، همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، دوره ششم.
- حاجی بهرامی، م. و همکاران، ۱۳۹۴، منشأ کانسار آهن همیرد، شمال خاور سمنان: با استفاده از مطالعه میانبارهای سیال و ایزوتوپ های پایدار (S, C, O).
- حاجی میرزا جان، ح.، ۱۳۹۹، زمین شناسی، کانی سازی، ژئوشیمی اکتشافی، شیمی کانی ها و تعیین ژنز معدن آهن ده زمان، جنوب غربی بردسکن، رساله دکتری تخصصی (PhD)، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم.
- حقیر ابراهیم آبادی، م. و همکاران، ۱۳۹۰، بررسی ژئوشیمیایی آپاتیت در معدن سنگ آهن چادرملو (استان یزد)، چهارمین همایش ملی زمین شناسی اقتصادی

- حمیدوند، م.، ۱۳۹۴، کانی شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار آهن اینچه رهری، جنوب زنجان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان، دانشکده علوم.
- رجب زاد، م. و راستی، ص.، ۱۳۸۹، مطالعه کانه زایی آهن با استفاده از مشاهدات بافتی، کانی شناسی و ژئوشیمی در کانسار آهن دهبید.
- رجب زاده، م. و همکاران، ۱۳۹۱، بررسی کانه‌زایی کانسار هماتیتی هندشک در استان فارس با استفاده از داده‌های سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و زمین‌شیمیایی.
- رستمی پایدار، ق. و همکاران، ۱۳۸۹، بررسی ژئوشیمی و منشأ کانسار آهن گلالی (شمال باختری همدان، ایران).
- رفیعی، م.، ۱۳۹۴، بررسی تأثیر ژنز دوکانسنگ آهن سورک و سنگان در خردایش، پایان‌نامه ارشد.
- زمانیان ح. و همکاران، ۱۳۹۱، زمین شناسی اقتصادی کانسار اسکارن آهن چنار علیا با تکیه بر بررسی میان بارهای سیال، شمال غرب همدان.
- زینلی، م. و اسکندری، ف.، ۱۳۹۴، زمین شیمی و خاستگاه کانسار آهن محمدآباد، شمال شرق محلات، استان مرکزی، دومین کنگره بین المللی زمین شناسی کاربردی.
- سپهری راد، ر. و همکاران، ۱۳۹۶، دگرسانی گرمایی در کانسار مگنتیت-آپاتیت گزستان و مقایسه آن با دیگر کانسارهای آهن ناحیه بافق، ایران مرکزی، مجله علوم زمین، سال ۲۷، شماره ۱۰۸، ص. ۲۵۷ تا ۲۶۸.
- سعادت س.، ۱۳۹۵، زمین شناسی، ژئوشیمی و مطالعات مغناطیس سنجی زمینی در اکتشاف ذخایر آهن منطقه کلاته ناصر، خراسان جنوبی.
- شجاعیان، ا. و همکاران، ۱۳۹۷، خاستگاه و تکوین کانه‌زایی آهن-مس دره رحیم، جنوب کاشان ایران
- شهبازی، س. و همکاران، ۱۳۹۴، مراحل کانه‌زایی و منشأ آهن کانسار باشکند در جنوب باختری سلطانیه بر اساس شواهد کانی‌شناسی ساخت، بافت و ژئوشیمی
- طهرانی، پ.، ۱۳۹۶، مطالعات ژئوشیمی، مینرالیزاسیون و ژنز ذخایر آهن در زون بینالود، شمال شرق ایران، رساله دکتری تخصصی، دانشگاه تبریز - دانشکده علوم طبیعی.
- فاتحی مرجی، م. و همکاران، ۱۳۸۷، محاسبه روابط تبدیلی مطالعه شاره‌های درگیر کانسار آهن و منگنز نارینگان.
- فیاض خو، ف. و حق پرست، م.، ۱۳۹۴، مطالعه زمین شناسی و کانی شناسی در کانسار آهن چاه گز (باقق).
- قادری، س. و همکاران، ۱۳۹۲، تأثیر دگرشکلی بر کانسار آهن قادرآباد، جنوب شرق مهاباد، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۸.
- قربانی، م.، ۱۳۸۶، زمین شناسی اقتصادی، ذخایر معدنی و طبیعی ایران. انتشارات آرین زمین، ۵۱۵ ص.
- کریم پور، م. و همکاران، ۱۳۸۶، ژئوشیمی و کانی شناسی زونهای اسکارنی و سنگ شناسی منشأ کانسار آهن سنگان خراسان رضوی، فصلنامه علوم زمین
- کریمی شهرکی، ب. و مهربانی، ب.، ۱۳۹۴، ترکیب شیمیایی سیالات درگیر در کانسار آهن جلال آباد، شمال غرب زرنند با استفاده از روش میکروآنالیز LA-ICP-MS.
- گل محمدی، ع. و همکاران، ۱۳۹۲، پترولوژی و سن سنجی زیرکن به روش U-Pb در توده‌های نفوذی مناطق A.C جنوبی و دردوی، معدن سنگ آهن سنگان خواف.



- لطفی، ا.، ۱۳۹۴، بررسی کانی شناسی و ژئوشیمی سنگ آهن احمدآباد، بوکان (استان آذربایجان غربی)، دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم.
- لطفی، م.، ۱۳۷۷، نگرشی بر کانه زایی آهن در ناحیه گل‌منده (شمال شرق ساغند).
- محبوبیان فرد، م. و همکاران، ۱۳۹۴، زمین‌شیمی و خاستگاه کانسار سنگ آهن- خاک سرخ مأمونیه، استان مرکزی.
- محمودی، ش. و همکاران، ۱۳۹۵، شواهد ریزساختاری و ژئوشیمیایی در تعیین منشأ کانسار آهن گل‌گهر، شهریار.
- مربوطی، ز. و همکاران، ۱۴۰۰، ژئوشیمی و منشأ کانسار آهن منگنز دار شمس آباد، استان مرکزی.
- معاف پوریان، غ. و مقتدری، ا.، ۱۳۹۳، بررسی ژئ معدن سنگ آهن تنگ زاغ واقع در بندرعباس، پیام توکلی.
- معانی جو، م.، سالمی، ر.، ۱۳۹۲، کانی شناسی، شیمی مگنتیت و منشأ کانسار آهن کورکورا-۱ (شرق تکاب)، مجله زمین شناسی اقتصادی، ج. ۶، شماره ۲، ص. ۳۵۵ تا ۳۷۴.
- مقدسی، ج. و همکاران، ۱۳۹۶، کانی شناسی و زمین شناسی کانسار آهن سیریز، شمال باختر زرنند، استان کرمان، مجله علوم زمین، سال ۲۷، شماره ۱۰۶، ص. ۹۹ تا ۱۱۶.
- ملائی، ح.، ۱۳۷۱، ژئوشیمی و ژئز اسکارن آهن و مس معدن مزرعه شمال اهر- آذربایجان شرقی.
- میرزایی، ه. و آفتابی، ع.، ۱۳۹۲، ویژگی‌های ساختی و بافتی کانسارهای آهن در کمپلکس‌های دگرگونی جنوب زون سنجند- سیرجان و اهمیت اکتشافی آنها، مطالعه موردی مناطق گوهر حدید، فردوس و چاه چغوک.
- نجف زاده طهرانی، پ. و همکاران، ۱۳۹۲، سیماهای زمین شناسی، کانی شناسی، دگرسانی و زمین شیمی عناصر نادر خاکی کانسار آهن نیزار، جنوب باختری مشهد، شمال خاوری ایران، مجله بلور شناسی و کانی شناسی ایران، سال ۲۱، شماره ۲، ص. ۲۲۹ تا ۲۴۲.
- نصیری، ع.، ۱۳۹۱، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژئز کانسار منگنز شهرستانک (استان قم)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- نظرقزوینیان، ن. و همکاران، ۱۳۹۲، کانی سازی و اکتشافات ژئوشیمیایی اندیس آهن نیگنان، شمال بشروئیه، استان خراسان جنوبی، پنجمین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران.
- وکیلی نوش آبادی، م.، ۱۳۹۳، کانی شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار آهن ورتاوه، جنوب کاشان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده علوم.
- یزدانی فر، ا. و همکاران، ۱۳۹۴، بررسی دگرسانی‌های موجود منطقه بیدستر، هفتمین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه دامغان.

Reference

- Ghorbani, M. (2013) The Economic Geology of Iran: Mineral Deposits and Natural Resources. Springer Science Business Media, Dordrecht, 581 p.
- Nabatian. Gh. et al., 2015, Iron and Fe–Mn mineralisation in Iran: implications for Tethyan metallogeny, Australian Journal of Earth Sciences, Volume 62, Issue 2
- Neukirchen, F., Ries, G., 2019, The World of Mineral Deposits, A Beginner's Guide to Economic Geology, Springer Nature Switzerland AG.
- Robb, L., 2005, Introduction to Ore-Forming Processes. Malden: Blackwell Science.
- Walter L. Pohl, 2011, Economic geology, principles and practice: metals, minerals, coal and hydrocarbons—an introduction to formation and sustainable development of mineral deposits (2nd revised edition)
- <http://chadormalu.com/fa-ir/AboutMine>
- World Steel Association, 2021 World Steel in Figures